

Die Gesetze und die Kräfte der relativen Bewegung in der Ebene.

Vorgetragen am ausserordentlichen Maschinenbaukurs an der k. k. Montan-Lehranstalt in Pilsbram 1859/60,

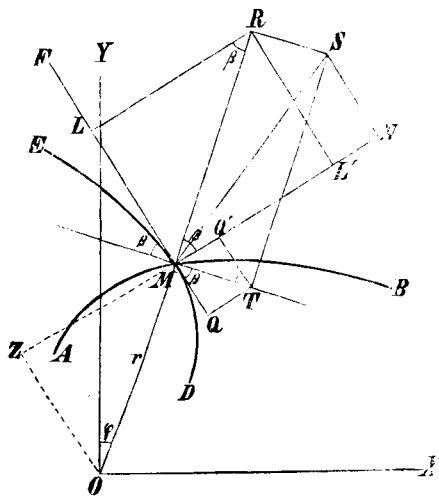
von *Gustav Schmidt*,
k. k. Kunstmeister und Docent.
(Schluss.)

Vierter Fall.

Eine vierte Zerlegungsweise der Kraft S in orthogonale Componenten wäre im Allgemeinen die, in eine nach bestimmten Gesetzen in Richtung und Grösse variable Kraft K , und in eine auf ihr senkrechte Kraft N .

Für die Anwendung auf Turbinen und Ventilatoren denken wir uns in Fig. 9 die absolute Bahn AB des Atoms M dadurch entstanden, dass dieses durch eine Curve DME getrieben wird, welche im Allgemeinen mit variabler Winkelgeschwindigkeit ω um den Anfangspunkt O der Coordinaten rotirt.

Fig. 9.



Die Kraft S , welche die freie Bewegung nach AB hervorzubringen im Stande wäre, wird hier am besten in zwei orthogonale Componenten zerlegt, von welchen die eine K nach der Richtung der relativen Bewegung MF und die andere N darauf senkrecht und zwar in dem bestimmten Sinn gemessen wird, dass die Richtung

MN der Kraft N rechts oder links vom Fahrstrahl OMR liegt, wenn die Rotirung der Curve DE nach rechts oder links erfolgt, damit dem Winkel $RMN = \beta$ des Fahrstrahls mit der Kraft N nur Werthe von 0 bis 180° beizulegen sind. Wenn zufälliger Weise die wirklich vorhandenen äusseren und inneren Kräfte mit Ausschluss des von der gezwungenen Bahn ausgeübten Normaldrucks die Resultirende Null haben, so ist N gleich diesem Bahndruck, also positiv wenn die Curve das Atom treibt, und negativ wenn das Atom auf die Curve im Sinne der Rotirung treibend wirkt; im Allgemeinen hat aber N nur die Bedeutung der Componente unserer vorausgesetzten Resultirenden S , nicht aber die Bedeutung des Drucks der gezwungenen Bahn.

Der Fahrstrahl $OM = r$ bilde gegen OY den Winkel φ , und die darauf senkrechte Tangente MT an den Umdrehungskreis bilde mit der Curve DME im Punkte M denselben Winkel β , welchen die Kraft N gegen die radiale Richtung OMR bildet.

Demnach werden sich die Kräfte K und N aus R und T berechnen lassen, indem man letztere Kräfte nach den Richtungen der ersteren zerlegt:

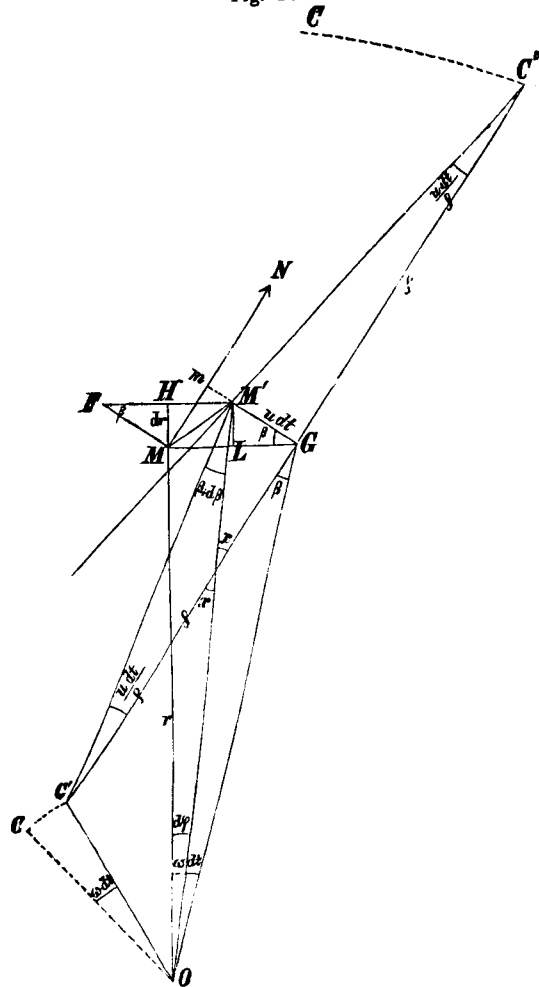
$$\begin{aligned} K &= ML - MQ = R \sin \beta - T \cos \beta, \\ N &= ML' + MQ' = R \cos \beta + T \sin \beta. \end{aligned} \quad (16)$$

Wir müssen also vorerst die Bedingungen der Aufgabe einführen in die allgemeinen Ausdrücke (12) für R und T , um dann die erhaltenen Werthe in (16) substituiren zu können.

Die ganz allgemein gestellte Aufgabe liefert aber keine andere Bedingung als die, dass das Atom die rotirende Curve DE nicht verlassen dürfe.

Um diese Bedingung analytisch auszudrücken, zerlegen wir den elementaren Weg MM' , Fig. 10, dessen Grösse

Fig. 10.



= Udt ist, wenn U die absolute Geschwindigkeit bezeichnet, in zwei Componenten: in $MF = udt$ tangential an die Curve ME und in $MG = vdt$, senkrecht auf den Fahrstrahl r , wobei wir unter u die „relative“ und unter v die „tangentielle“ Geschwindigkeit senkrecht auf r verstehen, welche durch die Gleichung $v = r\omega$ bestimmt ist. Wir zerlegen ferner dieselbe absolute Elementarbewegung MM' in die radiale Componente:

$$MH = dr = MF \sin \beta = udt \cdot \sin \beta,$$

und in die darauf Senkrechte:

$$ML = HM' = rd\varphi,$$

so finden wir:

$$ML = MG - GL = MG - GM' \cos \beta,$$

oder

$$\begin{aligned} rd\varphi &= vdt - udt \cos \beta \\ &= r\omega dt - udt \cos \beta; \end{aligned}$$

somit bestehen die zwei Differenzialgleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dr}{dt} &= u \sin \beta, \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \omega - \frac{u \cos \beta}{r}, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (17)$$

welche Gleichungen für $\beta = 90^\circ$ wieder auf den dritten Fall, wo

$$\frac{dr}{dt} = u, \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega$$

war, zurückführen.

Diese Gleichungen sind in (12) einzuführen; hierbei ist aber wohl zu beachten, dass ω hier eine andere Bedeutung hat als dort. Hier ist ω die Winkelgeschwindigkeit der rotirenden Curve DE , aber keineswegs die Winkelgeschwindigkeit des Fahrstrahls OM wie dort. Wir müssen daher vorerst in den Gleichungen (12) statt des dort vorkommenden ω seinen Werth $\frac{d\varphi}{dt}$ einsetzen, und erhalten:

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{k}{g} \left[\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right], \\ T &= \frac{k}{g} \left(2 \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{dr}{dt} + r \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right), \end{aligned} \right\} \dots \dots (18)$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{k}{g} \left[u \cos \beta \frac{d\beta}{dt} + \sin \beta \frac{du}{dt} - r \left(\omega^2 - \frac{2\omega u \cos \beta}{r} + \frac{u^2 \cos^2 \beta}{r^2} \right) \right], \\ T &= \frac{k}{g} \left[2 u \sin \beta \left(\omega - \frac{u \cos \beta}{r} \right) + r \frac{d\omega}{dt} + u \sin \beta \frac{d\beta}{dt} - \cos \beta \frac{du}{dt} + \frac{u^2}{r} \sin \beta \cos \beta \right] \\ &= \frac{k}{g} \left[2 u \omega \sin \beta - \frac{u^2}{r} \sin \beta \cos \beta + r \frac{d\omega}{dt} + u \sin \beta \frac{d\beta}{dt} - \cos \beta \frac{du}{dt} \right], \end{aligned}$$

oder übereinstimmend geordnet:

$$\begin{aligned} R &= \frac{k}{g} \left(u \cos \beta \frac{d\beta}{dt} + \sin \beta \frac{du}{dt} - r \omega^2 + 2 u \omega \cos \beta - \frac{u^2}{r} \cos^2 \beta \right), \\ T &= \frac{k}{g} \left(u \sin \beta \frac{d\beta}{dt} - \cos \beta \frac{du}{dt} + r \frac{d\omega}{dt} + 2 u \omega \sin \beta - \frac{u^2}{r} \sin \beta \cos \beta \right). \end{aligned}$$

Diese Werthe in (16) substituirt, erhält man die gesuchten Componenten K und N :

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{k}{g} \left(\frac{du}{dt} - r \omega^2 \sin \beta - r \cos \beta \frac{d\omega}{dt} \right), \\ N &= \frac{k}{g} \left(u \frac{d\beta}{dt} - r \omega^2 \cos \beta + r \sin \beta \frac{d\omega}{dt} + 2 u \omega - \frac{u^2}{r} \cos \beta \right). \end{aligned} \right\} \dots \dots (19)$$

Für $\beta = 90^\circ$ geht nach (17) u über in $\frac{dr}{dt}$, also wird aus (19):

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{k}{g} \left(\frac{d^2 r}{dt^2} - r \omega^2 \right), \\ N &= \frac{k}{g} \left(r \frac{d\omega}{dt} + 2 \omega \frac{dr}{dt} \right), \end{aligned} \right\}$$

übereinstimmend mit den Gleichungen (12) des dritten Falls.

In dem Ausdruck für N lässt sich noch das letzte Glied mit dem ersten zusammenziehen zu:

$$u \left(\frac{d\beta}{dt} - \frac{u}{r} \cos \beta \right),$$

d. i. mit Rücksicht auf (17)

$$u \left(\frac{d\beta}{dt} + \frac{d\varphi}{dt} - \omega \right) = u \cdot \frac{d\beta + d\varphi - \omega dt}{dt}.$$

Ist aber in Fig. (10) C der Krümmungsmittelpunct der rotirenden Curve DE im Punkte M , C' der Ort desselben Krümmungsmittelpuncts nach der Zeit dt , nach welcher der Curvenpunct M nach G gekommen ist, so hat man Winkel $C'GO = \beta$, und den Winkel des nächsten Krümmungshalbmessers $C'M$ mit dem nächsten Fahrstrahl OM' , d. i. den Winkel $C'MO = \beta + d\beta$.

Ferner ist der Centriwinkel:

$$M'C'G = \frac{M'G}{C'M} = \frac{u dt}{\rho},$$

und nun können wir erst die Gleichungen (17) in (18) einführen.

Wir erhalten vorerst:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = u \cos \beta \frac{d\beta}{dt} + \sin \beta \frac{du}{dt},$$

und

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} + \frac{u \sin \beta}{r} \frac{d\beta}{dt} - \frac{\cos \beta}{r} \frac{du}{dt} + \frac{u \cos \beta}{r^2} \frac{dr}{dt}.$$

In letzterer Gleichung statt $\frac{dr}{dt}$ sein Werth aus (17) gesetzt, folgt:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} + \frac{u \sin \beta}{r} \frac{d\beta}{dt} - \frac{\cos \beta}{r} \frac{du}{dt} + \frac{u^2 \sin \beta \cos \beta}{r^2}.$$

Diese Werthe und jene (17), in (18) eingeführt, folgt:

unter ρ den Krümmungshalbmesser des Elementes GM der Curve DE verstanden; folglich hat man in den zwei Dreiecken $C'MP$ und OGP den äusseren Winkel

$$x = \beta + d\beta + \frac{u dt}{\rho},$$

und

somit

$$x = \beta + (\omega dt - d\varphi),$$

oder

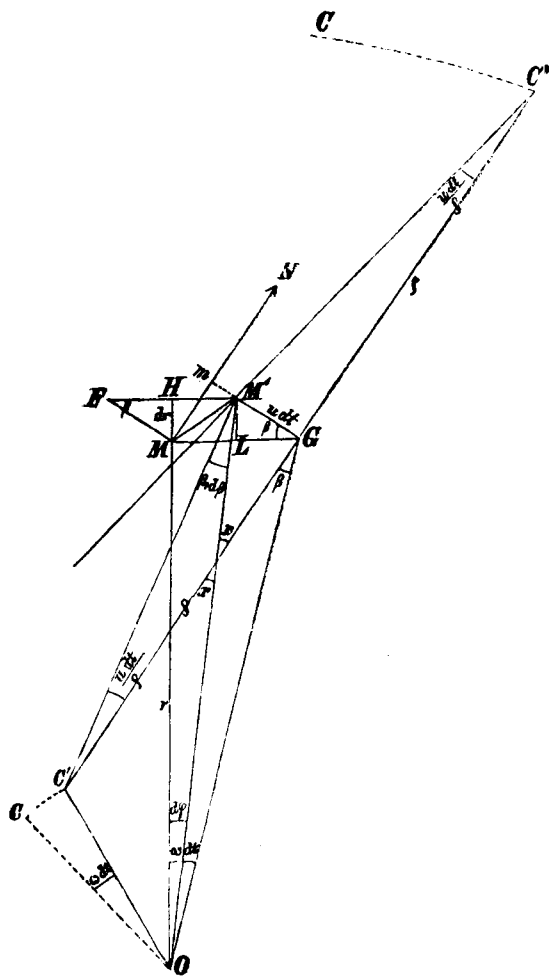
$$d\beta + \frac{u dt}{\rho} = \omega dt - d\varphi,$$

$$\frac{d\beta + d\varphi - \omega dt}{dt} = - \frac{u}{\rho} *).$$

Ist jedoch bei spitzem Winkel β die Curve DE im Punkte M convex gegen den Fahrstrahl, d. h. liegt der Krümmungsmittelpunct nicht in C' sondern in C'' , so bildet die Verlängerung von $C''G$ mit OG den Winkel β , und die Verlängerung von $C'M$ mit OM den Winkel $\beta + d\beta$, dann

*) Der Beweis dieses Satzes rührt dem Gedanken nach von dem Herrn k. k. Maschinen-Inspectors-Adjuncten Julius Ritter von Hauer in Schemnitz her

Fig. 10.



ist also $\beta + d\beta$ als äusserer Winkel $= \alpha + \frac{u dt}{\rho}$, d. h. es kommt dann $-\rho$ statt $+\rho$ zu schreiben.

Wir erhalten mithin:

$$u \left(\frac{d\beta}{dt} - \frac{u}{r} \cos \beta \right) = \mp \frac{u^2}{\rho}. \quad (20)$$

Diess eingeführt in (19) erhalten wir unsere zwei gesuchten Componenten in der Form:

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{k}{g} \left(\frac{du}{dt} - r\omega^2 \sin \beta - r \cos \beta \frac{d\omega}{dt} \right), \\ N &= \frac{k}{g} \left(2u\omega \mp \frac{u^2}{\rho} - r\omega^2 \cos \beta + r \sin \beta \frac{d\omega}{dt} \right), \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

wobei von dem Doppelzeichen \mp das untere gilt, wenn die Richtung des Krümmungshalbmessers mit der von N zusammenfällt, und das obere wenn sie, wie in der Figur 9, entgegengesetzt jener von N liegt.

Unterscheiden wir den Normaldruck der rotirenden Curve auf das Bewegliche von den übrigen auf dasselbe wirkenden äussern und innern Kräften, und sind $K'N'$ die nach den Richtungen von K und N gemessenen Componentensummen jener übrigen Kräfte, N'' hingegen der Normaldruck der relativen Bahn, welcher numerisch gleich ist dem Druck, welchen das Bewegliche auf die rotirende Curve ausübt, so ist

$$K' = K, \quad N' + N'' = N.$$

Es ist somit der gesuchte Druck des Beweglichen auf seine relative Bahn gemessen in der Richtung von N :

$$\mathfrak{N} = -N'' = N' - N =$$

$$N' + \frac{k}{g} \left(\pm \frac{u^2}{\rho} - 2u\omega + r\omega^2 \cos \beta - r \sin \beta \frac{d\omega}{dt} \right). \quad (22)$$

Ist, wie in den Fällen der Praxis, die Winkelgeschwindigkeit ω der rotirenden Curve constant, also

$$\frac{d\omega}{dt} = 0,$$

so folgt:

$$\left. \begin{aligned} K' &= \frac{k}{g} \left(\frac{du}{dt} - r\omega^2 \sin \beta \right), \\ \mathfrak{N} &= N' + \frac{k}{g} \left(\pm \frac{u^2}{\rho} - 2u\omega + r\omega^2 \cos \beta \right), \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

worin K', N' die nach den Richtungen von K und N Fig. 9, gemessenen Componenten der auf das Atom wirkenden äussern und innern Kräfte sind mit Ausschluss des Normaldrucks der rotirenden Curve, und \mathfrak{N} den Druck des Atoms auf die Curve bezeichnet, gemessen nach der Richtung von N , so dass das Atom auf die Curve beschleunigend wirkt, wenn \mathfrak{N} positiv, und die Curve auf das Atom beschleunigend wirkt, wenn \mathfrak{N} negativ ist.

Wenn aber ω constant ist, so folgt aus der Gleichung für die Peripheriegeschwindigkeit:

$$v = r\omega \quad (24)$$

$$\frac{dv}{dt} = \omega \frac{dr}{dt},$$

also wegen (17):

$$\frac{dv}{dt} = \omega u \sin \beta,$$

oder

$$\omega \sin \beta = \frac{1}{u} \frac{dv}{dt} \quad (25)$$

Diess multiplicirt mit $r\omega = v$ gibt das in dem obigen Werth von K' erscheinende Glied

$$r\omega^2 \sin \beta = \frac{v}{u} \frac{dv}{dt},$$

also

$$K' = \frac{k}{g} \left(\frac{du}{dt} - \frac{v}{u} \frac{dv}{dt} \right),$$

$$K' = \frac{k}{g} \left(\frac{u du - v dv}{u dt} \right),$$

$$\mathfrak{N} = N' + \frac{k}{g} \left(\pm \frac{u^2}{\rho} - \frac{2uv}{r} + \frac{v^2}{r} \cos \beta \right). \quad (26)$$

Wir wollen die Anwendung dieser Formeln wieder in einigen Beispielen zeigen.

1. Beispiel. Ein krummliniger Stab rotirt mit constanter Winkelgeschwindigkeit um einen Punkt O und wirkt hierbei auf ein Atom. Es soll das Bewegungsgesetz desselben und der Normaldruck zwischen Stab und Atom ermittelt werden.

Hier ist

$$K' = 0, \quad N' = 0,$$

also nach (26):

$$u du = v dv, \quad (a)$$

$$u^2 = v^2 + \text{Const.},$$

oder

$$u_2^2 - u_1^2 = v_2^2 - v_1^2, \quad (b)$$

und

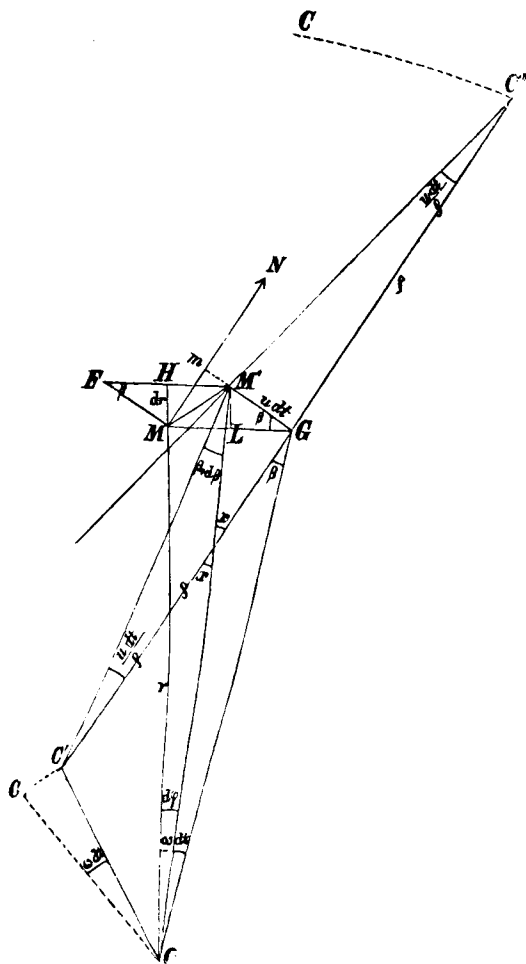
$$\mathfrak{N} = \frac{k}{g} \left(\pm \frac{u^2}{\rho} - \frac{2uv}{r} + \frac{v^2}{r} \cos \beta \right). \quad (c)$$

Das Gesetz der relativen Bewegung längs des krummlinigen Stabes ist also genau dasselbe, welches wir in dem Beispiel Fig. 8 Gleichung (i) gefunden haben.

Wir können uns in diesem einfachen Beispiel auch leicht von der Richtigkeit des Ausdrucks für \mathfrak{N} überzeugen, indem wir controliren, ob die elementare Wirkung der negativ genommenen Kraft \mathfrak{N} übereinstimmt mit der elementaren Zunahme der lebendigen Kraft des Atoms.

Zu diesem Behufe müssen wir (in Fig. 10) die absolute

Fig. 10.



elementare Bewegung MM' auf die Richtung der Kraft \mathfrak{N} projiciren, nach Mm . Das Perpendikel $M'm$ fällt in die Richtung der relativen Bewegung GM' , also ist:

$$Mm = MG \sin \beta = r \omega dt \sin \beta,$$

d. i. nach (25): $Mm = \frac{r}{u} dv,$

folglich ist die von dem Stab ausgeübte elementare Wirkung

$$dW = -\mathfrak{N} \cdot \frac{r}{u} dv,$$

$$dW = \frac{k}{g} dv \left(2v \mp \frac{ru}{\rho} - \frac{v^2}{u} \cos \beta \right) \dots (d)$$

Anderseits ist die lebendige Kraft der Masse $\frac{k}{g}$ bei der absoluten Geschwindigkeit

$$U = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos \beta},$$

welche sich aus dem Dreieck MGM' Fig. 10 ergibt, in welchem $MG = v dt$, $GM' = u dt$ und $MM' = U dt$ ist,

$$L = \frac{1}{2} \frac{k}{g} U^2 = \frac{k}{g} \left(\frac{u^2 + v^2}{2} - uv \cos \beta \right),$$

folglich die elementare Zunahme von L , welche mit dW übereinstimmen soll:

$$dL = \frac{k}{g} (u du + v dv + uv \sin \beta d\beta - v \cos \beta du - u \cos \beta dv),$$

und wenn statt du sein Werth aus (a): $du = \frac{v}{u} dv$ eingesetzt wird:

$$dL = \frac{k}{g} \left(2v dv + uv \sin \beta d\beta - \frac{v^2}{u} \cos \beta dv - u \cos \beta dv \right) \\ = \frac{k}{g} \left(2v dv - \frac{v^2}{u} \cos \beta dv + ur \omega \sin \beta d\beta - u \cos \beta dv \right).$$

Wegen (17) und (20) ist aber

$$ur \omega \sin \beta d\beta - u \cos \beta dv =$$

$$= r \omega \frac{dr}{dt} d\beta - u \cos \beta dv$$

$$= r dv \cdot \frac{d\beta}{dt} - u \cos \beta dv$$

$$= r dv \left(\frac{d\beta}{dt} - \frac{u}{r} \cos \beta \right) = \mp \frac{u}{\rho} \cdot r dv,$$

also

$$dL = \frac{k}{g} dv \left(2v - \frac{v^2}{u} \cos \beta \mp \frac{ur}{\rho} \right),$$

übereinstimmend mit (d), zur vollsten Ueberzeugung, dass auch in diesem Beispiel nur allein die Normalkraft $N = -\mathfrak{N}$, nicht aber eine radiale Fliehkraft auf das Bewegliche beschleunigend wirkt.

2. Beispiel. Hauptgleichung der Theorie der Fourneyron-Turbinen.

In der Fourneyron-Turbine, bei welcher die Schaufeln DE Fig. 9 um eine vertical gestellte Axe O rotiren, wirken auf ein elementares Wassertheilchen vom Gewichte k ausser dem Druck (N') der Schaufel noch die Pressungen der Nachbartheilchen ein.

Das zur Seite, senkrecht auf die Richtung der relativen Bewegung gelegene Wassertheilchen drückt auf das in das Auge gefasste mit einer Kraft N' in demselben Sinn, in welchem dieses mit der Intensität \mathfrak{N} auf die Schaufel drückt. Das Theilchen k wirkt also mit \mathfrak{N} in beschleunigendem Sinn auf die vor ihm befindliche und mit N' in verzögerndem Sinne auf die im Sinne der Rotirung hinter ihm befindliche Schaufel.

Ausserdem erleidet das Theilchen aber auch Pressungen von den im Sinne der relativen Bewegung hinter ihm und vor ihm befindlichen Theilchen, und diese Pressungen heben sich nicht auf, weil sich der Pressungszustand während des Fortschreitens längs der relativen Bahn continuirlich ändert.

Es sei also σ die Länge des elementaren Wassertheilchens nach der Richtung der relativen Bewegung gemessen, f der darauf senkrecht gemessene mittlere Querschnitt, $\gamma = 1000$ Kilogramm das spezifische Gewicht des Wassers, also

$$k = f \sigma \gamma.$$

Ferner sei $A = 10334$ Kilogramm der Druck der Atmosphäre pr. ein Quadrat-Meter und $z = A + h\gamma$ die Pressung des Wassertheilchens pr. 1 Quadrat-Meter, wenn dasselbe in seine relativen Bahn den Weg s zurückgelegt hat, gemessen an seiner Hinterfläche; folglich $z + \left(\frac{dz}{ds}\right) \sigma$ die Pressung an der Hinterfläche des vorausgehenden Theilchens oder an der Vorderfläche des ins Auge gefassten Theilchens, so hat man im Sinne der relativen Bewegung wirkend die

beiden Kräfte fz und

$$- f \left[z + \left(\frac{dz}{ds} \right) s \right],$$

folglich

$$\begin{aligned} K' &= fz - fz - f s \left(\frac{dz}{ds} \right) \\ &= - f s \left(\frac{dz}{ds} \right) = - \frac{k}{\gamma} \left(\frac{dz}{ds} \right). \end{aligned}$$

Im Beharrungszustand ist aber die Pressung z eine reine Function von s , $z = F(s)$, also $\left(\frac{dz}{ds} \right)$ nicht ein partieller, sondern ein vollständiger Differentialquotient:

$$\left(\frac{dz}{ds} \right) = \frac{dz}{ds} = F'(s), \quad dz = F'(s) ds,$$

und somit der vollständige Differentialquotient

$$\frac{dz}{dt} = F'(s) \frac{ds}{dt} = \left(\frac{dz}{ds} \right) \frac{ds}{dt} = u \left(\frac{dz}{ds} \right),$$

mithin

$$\left(\frac{dz}{ds} \right) = \frac{1}{u} \frac{dz}{dt},$$

und

$$K' = - \frac{k}{\gamma} \cdot \frac{dz}{dt}, \dots \dots \dots (e)$$

oder mit Rücksicht auf $dz = \gamma dh$:

$$K' = - \frac{k}{u} \frac{dh}{dt} \dots \dots \dots (e')$$

Setzt man diesen Werth für K' in die Gleichung (26) ein, so folgt

$$\frac{1}{g} \left(\frac{u du - v dv}{u dt} \right) = - \frac{1}{u} \cdot \frac{dh}{dt},$$

also

$$u du - v dv = - g dh.$$

Diese Differenzialgleichung gibt, integrirt:

$$\frac{u^2 - v^2}{2} + gh = \text{Const.},$$

oder innerhalb der mit den Stellenzeigern 1 und 2 bezeichneten Grenzen:

$$u_1^2 - v_1^2 + 2gh_1 = u_2^2 - v_2^2 + 2gh_2,$$

also

$$u_2^2 = u_1^2 + (v_2^2 - v_1^2) + 2g(h_1 - h_2).$$

Diess ist die gesuchte Gleichung für die relative Bewegung in der Fourneryon-Turbine, welche man mit Rücksicht auf einen Verlust an Pressungshöhe durch Wirblungen und Reibungen im Rad zu corrigiren hat auf

$u_2^2 = u_1^2 + (v_2^2 - v_1^2) + 2g(h_1 - h_2 - h) \dots \dots (f)$ wenn h diese Verlusthöhe bezeichnet.

Wir finden ferner die beschleunigende Kraft, mit welcher das Theilchen k nach der Richtung MN Fig. 9, also in dem Abstand OZ von der Drehungsaxe auf Drehung des ganzen Systems wirkt:

$$\mathfrak{N} - N' = \frac{k}{g} \left(\pm \frac{u^2}{\rho} - \frac{2uv}{r} + \frac{v^2}{r} \cos \beta \right),$$

folglich die auf den Halbmesser 1 reducirte drehende Kraft:

$$P = (\mathfrak{N} - N') r,$$

$$P = \frac{k}{g} \left(\pm u^2 \cdot \frac{r}{\rho} - 2uv + v^2 \cos \beta \right) \dots \dots (g)$$

Jedes elementare Theilchen vom Gewichte k liefert eine derlei elementare Kraft P , und die Summe derselben hält im Beharrungszustand dem auf den Halbmesser 1 reducirten

Widerstand das Gleichgewicht. Die Summirung der elementaren Kräfte P wäre natürlich eine Integration.

Betrachtet man nämlich die Entfernung je zweier Schaufeln als unendlich klein, so lässt sich das Gewicht k aller in demselben Halbmesser r liegenden Theilchen auf die Form bringen Rdr , wo R eine Function von r ist, desgleichen sind ρ , β und u reine Functionen von r , also ist die Integration nach r denkbar. Zum Glück entgeht man aber in der Turbinentheorie dieser schwierigen Rechnung, indem man die von dem Wasser auf das Rad übertragene Wirkung viel einfacher aus der rohen Wasserkraft und den einzelnen Verlusten an Druckhöhe und an lebendiger Kraft berechnen kann.

3. Beispiel. Hauptgleichung der Theorie der Jonval-Turbinen.

Die für constante Winkelgeschwindigkeit abgeleiteten Gleichungen (26) gelten natürlich auch für den Fall, als diese Winkelgeschwindigkeit durch Fortrücken des Punctes O in unendliche Entfernung verschwindend klein, hingegen die Peripheriegeschwindigkeit v der Puncte D und E Fig. 9 gleich gross wird, d. h. für den Fall, dass die Curve ED parallel fortrückt. Es ist dann insbesondere wegen

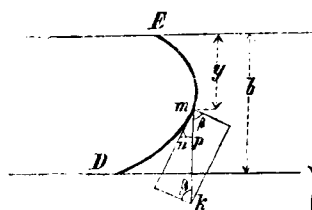
$$v = \text{Const.}$$

$$\frac{dv}{dt} = 0,$$

also

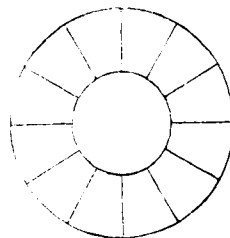
$$K' = \frac{k}{g} \cdot \frac{du}{dt} \dots \dots \dots (27)$$

Fig. 11.



Statt einer solchen parallel fortschreitenden Curve ED Fig. 11 können wir uns aber ein System von derlei Curven in symmetrischer Position um eine verticale Axe gelagert denken und erhalten so das Laufrad einer Jonval-Turbine.

Es schreitet dann freilich keine der Curven bei der Drehung um die Axe parallel fort, wie es die Anwendung der Gleichung (27) voraussetzt, allein den hieraus entspringenden Fehler der Theorie müssen wir uns gefallen lassen, weil die aus der Rotirung



der Schaufeln (statt des geraden Fortschreitens derselben) entspringende Unregelmässigkeit der Bewegung des Wassers im Laufrad unmöglich anders als durch einen geeigneten Erfahrungscoefficienten in Rechnung gezogen werden kann.

Die Kräfte, welche jetzt auf das Wassertheilchen wirken, sind erstens dieselben wie in dem früheren Beispiel, und zweitens tritt hinzu das Gewicht des Theilchens k , welches nach der Richtung der relativen Bewegung mit einer Intensität $k \sin \beta$ beschleunigend wirkt. Wir erhalten also statt der Gleichung (e') jetzt die folgende:

$$K' = k \sin \beta - \frac{k}{u} \frac{dh}{dt},$$

und nach Substitution in (27):

$$\frac{1}{g} \frac{du}{dt} = \sin \beta - \frac{1}{u} \frac{dh}{dt},$$

$$\frac{u}{g} du = u dt \cdot \sin \beta - dh.$$

Es ist aber $u dt$ das Element mn der relativen Bahn, $u dt \sin \beta$ seine verticale Projection $mp =$ dem Element des Abstandes y von der oberen Laufradebene, also

$$\frac{u}{g} du = dy - dh.$$

Diese Gleichung gibt, integrirt:

$$\frac{u^2}{2g} = y - h + \text{Const.}$$

Für den Eintritt in das Rad ist

$$u = u_1, h = h_1, y = 0,$$

für den Austritt:

$$u = u_2, h = h_2, y = b,$$

also

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} = b - (h_2 - h_1)$$

und mit Rücksicht auf einen Gefällsverlust η durch Wirblung und Reibung

$$u_2^2 = u_1^2 + 2bg + 2g(h_1 - h_2 - \eta) \dots (f')$$

Dies ist die Gleichung der relativen Bewegung in der Jonval-Tirbune, analog der Gleichung (f), und es bezeichnen h_1, h_2 hier wie dort die Wasser-Manometerhöhen, durch welche der Pressungszustand beim Eintritt in das Laufrad und beim Austritt aus demselben gemessen wird.

4. Beispiel. Hauptgleichung der Theorie der Centrifugal-Ventilatoren mit gekrümmten Flügeln.

Das Raisonement, welches bei der Fourneyron-Turbine zur Gleichung (e):

$$K' = - \frac{k}{\gamma} \cdot \frac{1}{u} \frac{dz}{dt}$$

geführt hat, ist auch hier anwendbar, nur ist jetzt statt γ das specifische Gewicht der Luft einzusetzen.

Nach Regnault beträgt dasselbe bei 1 Atmosphäre Spannung und bei 0 Grad Cels. $\sigma_0 = 1,2932$ Kilogramm, und somit bei einer Spannung von z Kilogramm pr. Quadratmeter und bei der Temperatur τ° Celsius:

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{A} \cdot \frac{z}{1 + \alpha\tau} = \frac{z}{7991(1 + \alpha\tau)},$$

wenn α den Ausdehnungscoefficienten bezeichnet:

$$\alpha = 0,003665 = \frac{1}{272,85}.$$

Setzt man Kürze halber

$$\frac{\sigma_0}{A} \cdot \frac{1}{1 + \alpha\tau} = \frac{1}{7991(1 + \alpha\tau)} = \mu,$$

so ist also

$$K' = - \frac{k}{\mu z} \cdot \frac{1}{u} \frac{dz}{dt}.$$

Wird dieser Werth in (26) eingesetzt, so folgt:

$$\frac{1}{g} \left(\frac{u du - v dv}{u dt} \right) = - \frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{u dt} \cdot \frac{dz}{z},$$

$$u du - v dv = - \frac{g}{\mu} \frac{dz}{z},$$

also durch Integration

$$\frac{u^2 - v^2}{2} = - \frac{g}{\mu} \log \text{nat } z + \text{Const.},$$

oder

$$\frac{u_2^2 - u_1^2 - (v_2^2 - v_1^2)}{2} = - \frac{g}{\mu} \log \text{nat } \frac{z_2}{z_1}.$$

Die Spannungen z_1, z_2 können durch Wassermanometerhöhen h_1, h_2 gemessen werden, wodurch man wie früher erhält:

$$z_1 = A + h_1 \gamma,$$

$$z_2 = A + h_2 \gamma,$$

und für beide z näherungsweise:

$$\log z = \log A \left(1 + \frac{h\gamma}{A} \right)$$

$$= \log A + \frac{h\gamma}{A} - \frac{1}{2} \frac{h^2 \gamma^2}{A^2},$$

also

$$\log \frac{z_2}{z_1} = \frac{\gamma}{A} (h_2 - h_1) - \frac{1}{2} \frac{\gamma^2}{A^2} (h_2^2 - h_1^2)$$

$$= \frac{\gamma}{A} (h_2 - h_1) \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\gamma}{A} (h_2 + h_1) \right),$$

oder wegen $\gamma = 1000, A = 10334$:

$$\log \frac{z_2}{z_1} = 0,09677 (h_2 - h_1) [1 - 0,0484 (h_2 + h_1)],$$

folglich

$$u_2^2 - u_1^2 - v_2^2 + v_1^2 = - \frac{2g}{\mu} \cdot \frac{\gamma}{A} \cdot (h_2 - h_1) \left(1 - \frac{h_2 + h_1}{20} \right),$$

oder wegen

$$\frac{1}{\mu} = 7991 (1 + \alpha\tau) = \frac{A}{\sigma_0} (1 + \alpha\tau)$$

$$u_2^2 = u_1^2 + v_2^2 - v_1^2 - 2g \cdot \frac{\gamma}{\sigma_0} (1 + \alpha\tau) (h_2 - h_1) \left(1 - \frac{h_2 + h_1}{20} \right).$$

Mit Berücksichtigung des Verlustes an Manometerhöhe η durch Wirblungen und Reibungen, hätten wir $h_1 - \eta$ statt h_1 , oder aber $h_2 + \eta$ statt h_2 setzen müssen. Damit erhalten wir genau genug:

$$u_2^2 = u_1^2 + v_2^2 - v_1^2 - 2g \cdot \frac{\gamma}{\sigma_0} (1 + \alpha\tau) (h_2 - h_1 + \eta) \times$$

$$\times \left(1 - \frac{h_2 + h_1}{20} \right), \dots (f'')$$

die der (f) analoge Hauptgleichung der Ventilatortheorie, in welcher $\frac{\gamma}{\sigma_0} = 773$ oder $= 10513$ ist, je nachdem h_2, h_1, η Wasser- oder Quecksilber-Manometerhöhen bezeichnen.

Diese Beispiele zeigen, dass man zur Ableitung der Gleichung der relativen Bewegung weder eines rotirenden Coordinatensystems, noch der Einführung der Fliehkraft, sondern nur der allgemeinen Gleichung (21) für die Kräfte der absoluten Bewegung bedarf, Gleichungen, welche meines Wissens bisher fehlten.

Man bedarf also der Kräfte der relativen Bewegung gar nicht, und es geschieht nur der Vollständigkeit halber einerseits und der Bequemlichkeit der Rechnungen mittelst ihrer Einführung andererseits, wenn wir nun an die Betrachtung der Kräfte der absoluten krummlinigen Bewegung, jene der Kräfte der relativen Bewegung anknüpfen, wobei wir uns kurz fassen können, nachdem die wichtigsten derselben schon im dritten Fall vorgeführt und ausführlich erörtert wurden.

Kräfte der relativen krummlinigen Bewegung.

Der eben behandelte vierte Zerlegungsfall der Kraft S schliesst die anderen drei Fälle als Specialitäten in sich ein,

Winkelgeschwindigkeit ω constant ist. In allen ebenen Problemen, bei welchen die relative Bahn mit constanter Winkelgeschwindigkeit rotirt, genügt es also zur Bestimmung der relativen Bewegung, den wirklichen Kräften nur allein die radial auswärts wirkende Fliehkraft

$$\mathcal{C} = \frac{k}{g} r \omega^2$$

hinzuzufügen und das Atom an die feststehende relative Bahn gebunden zu denken.

Wie wir bereits gesehen haben [3. Fall, 2. Beispiel, Gleichung (k)] entspricht dieser Fliehkraft eine Wirkung:

$$w = \frac{k}{g} \int_{r_1}^{r_2} r \omega^2 dr = \frac{k}{2g} (v_2^2 - v_1^2), \dots (30)$$

und mit Hülfe dieser Kenntniss gelangen wir am allerschnellsten zu den Gleichungen für die relative Bewegung.

Wir sagen z. B., um die Gleichung (f) für die Fourneyron-Turbine abzuleiten, so:

Durch Anbringung der Fliehkraft wird das gleichförmig rotirende in ein fest stehendes System, und werden die relativen Geschwindigkeiten u_1, u_2 in absolute verwandelt. Die Zunahme der lebendigen Kraft: $\frac{k}{2g} (v_2^2 - v_1^2)$ muss also gleich sein der Wirkung der Fliehkraft $\frac{k}{2g} (v_2^2 - v_1^2)$ plus der Wirkung $k(h_1 - h_2)$, welche der Aenderung der Pressung um eine Wassersäule $h_1 - h_2$ entspricht, minus der Wirkung $k\eta$, welche durch die Widerstände aufgezehrt wird, woraus sich unmittelbar die Gleichung (f):

$$u_2^2 - u_1^2 = v_2^2 - v_1^2 + h_1 - h_2 - \eta$$

ergibt. Der Gebrauch der Fliehkraft ist deshalb ein ganz vortreffliches Ding bei populären Darstellungen, nur schade, dass man die Tragweite und den wahren Sinn der Fliehkraft selbst niemals aus einer populären Darstellung entnehmen wird. Blicken wir nochmals auf die Gleichungen (29) zurück, so haben wir auch:

$$\left. \begin{aligned} K &= \mathcal{R}_t - \mathcal{C} \sin \beta - \mathcal{Z} \cos \beta, \\ N &= \mp \mathcal{R}_p - \mathcal{C} \cos \beta + \mathcal{Z} \sin \beta + \mathcal{D}. \end{aligned} \right\} \dots (31)$$

Diese Gleichungen drücken folgenden Satz aus:

Die Kräfte K und N der absoluten krummlinigen Bewegung können ersetzt werden durch folgendes gleichzeitig angebrachte Kräftesystem (mit Bezug auf die Figuren 9 und 13):

1. Durch die eigentlichen Kräfte der relativen Bewegung

$$\mathcal{R}_t = \frac{k}{g} \frac{du}{dt}$$

nach der Richtung derselben, und

$$\mathcal{R}_p = \frac{k}{g} \frac{u^2}{\rho}$$

nach der Richtung des Krümmungshalbmessers, also entgegengesetzt der Richtung von N , oder mit derselben übereinstimmend, je nach der Form und Lage der relativen Bahn.

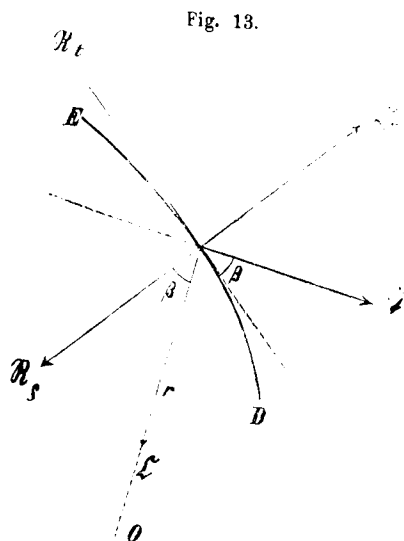


Fig. 13.

2. Durch die Centripetalkraft

$$\mathcal{C} = \frac{k}{g} r \omega^2,$$

mit welcher das Gewicht k gegen den Drehungspunct O hin gezogen wird.

3. Durch die Tangentialkraft

$$\mathcal{Z} = \frac{k}{g} r \frac{d\omega}{dt},$$

welche senkrecht auf den Fahrstrahl und im Sinne der Rotation wirkend, die Beschleunigung der Peripheriegeschwindigkeit bewirkt.

4. Durch die Ablenkungskraft

$$\mathcal{D} = \frac{k}{g} \cdot 2u\omega,$$

welche normal auf der relativen Bewegung stehend mit der Richtung von N zusammenfällt, also im Sinne der Drehung wirkt.

Es ist auch ohne Rechnung leicht einzusehen, dass in dem Falle, als der Drehungspunct O des Fahrstrahls nicht fest ist, sondern in einer krummlinigen Bahn von dem veränderlichen Krümmungshalbmesser R mit ungleichförmiger Geschwindigkeit C , aber in der Ebene fortschreitet, zu obigen Kräften noch folgende hinzu kommen:

5. die Kraft

$$\mathcal{F}_t = \frac{k}{g} \frac{dC}{dt}$$

nach der Richtung von C , und

6. die Kraft

$$\mathcal{F}_R = \frac{k}{g} \frac{C^2}{R}$$

nach der Richtung von R .

Dieser Satz, dass die Kraft der absoluten Bewegung als Resultirende von 7 Kräften, $\mathcal{R}_t, \mathcal{R}_p, \mathcal{C}, \mathcal{Z}, \mathcal{D}, \mathcal{F}_t, \mathcal{F}_R$ angesehen werden könne, ist in Redtenbacher's „Prinzipien“ in populärer Weise dargelegt. So meisterhaft diess auch ist, so leidet doch auch diese Darlegung an dem Gebrechen aller sogenannten „populären“ Darstellungen, — sie ist viel schwerer zu verstehen, als die ausführliche analytische Ableitung und ist erst Demjenigen vollkommen klar und nur für Denjenigen wahrhaft populär, der sich von der Richtigkeit der Sache auf analytischem Wege überzeugt hat, also die populäre Darstellung nicht als Beweismittel, sondern nur zur Unterstützung der sinnlichen Vorstellung und des Gedächtnisses dankbar hinnimmt.

Möchten sich die geehrten Leser dieses Artikels daher nicht die Mühe gereuen lassen, nach Beendigung desselben Redtenbacher's „Dynamik der relativen Bewegung eines Atoms“ in den „Prinzipien“ nachzulesen.

Neues Einschaltungs-System der Telegraphen-Stationen.

Von Ferd. Teirich, Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt G, im Texte.)

Die Instandhaltung der beim electrischen Telegraphen erforderlichen galvanischen Batterien ist nicht nur kostspielig, sondern auch meistens umständlich, wesshalb man stets darauf bedacht war, die Batterien der Telegraphen-Stationen möglichst zu vermindern oder zu beseitigen.

Dies letztere versuchte man durch constante Einschaltung der Batterien an den beiden Enden einer Leitung, so dass die Stromcirculation fort dauert und nur dann unterbrochen wird, wenn telegraphirt werden soll.

Das Telegraphiren mit sogenanntem constanten Strom führt jedoch manche Uebelstände mit sich, wesswegen dieses Einschaltungssystem nur sehr vereinzelt in Anwendung kam.

Die beständige Circulation des electrischen Stromes durch die Electromagnete erzeugt in den Eisenkernen constanten Magnetismus, welcher auf die Empfindlichkeit der Apparate einen nachtheiligen Einfluss ausübt.

Da ferner die Batterien in einem beständigen Schluss sind, so geht der Zersetzungsprozess rasch vor sich, so dass die Batterien wegen schneller Abnützung oft ausgewechselt werden müssen. Für den Fall einer Leitungsunterbrechung müssen überdies Reserve-Batterien in Bereitschaft gehalten werden, um den electrischen Strom nach dem allenfalls grösseren Leitungswiderstand verstärken zu können.

Auch in neuerer Zeit mehrseitig vorgenommene Versuche mit Inductions-Strom zu telegraphiren und dadurch die Linien-Batterien entbehrlich zu machen, haben bekanntlich noch zu keinem günstigen Resultate geführt.

Man war daher genöthigt, bei der bisherigen Einschaltungsweise der Telegraphen-Stationen zu bleiben und einer jeden Station eine dem Gesamtwiderstande der Leitungskette angemessene Batterie zu geben.

Bei den electrischen Läutewerken für Eisenbahnen konnte man jedoch nur den constanten Strom anwenden. Denn würde man jedes Läutewerk mit einer eigenen zum Zeichengeben erforderlichen Batterie verbinden, so wären die Betriebskosten dieser Apparate sehr gross. Andererseits konnte man sich auf den wenigsten Bahnen entschliessen, auf den Vortheil zu verzichten, von einem jeden beliebigen Wächterhaus Hilfsignale nach den benachbarten Bahnstationen geben zu können.

Die Anwendung des constanten Stromes erfordert jedoch eine sehr sorgfältige Ueberwachung der Batterien und eine öftere Regulirung der Apparate, da sonst die electrischen Glockensignale unverlässlich wären.

Diese Umstände veranlassten mich, eine solche Combination der Apparate und Batterien zu suchen, bei welcher der constante Strom beseitigt und doch die Möglichkeit geboten wird, von einer beliebigen Zwischenstation nach rechts und links Zeichen geben zu können.

Nach verschiedenen Versuchen gelang mir endlich die Lösung dieser Aufgabe durch die Zusammenstellung des im Nachfolgenden beschriebenen Einschaltungssystems, das nicht

blos für die electrischen Läutewerke der Eisenbahnen, sondern auch für andere Telegraphenstationen anwendbar ist.

In dem Schema I (Bl. G) ist das Princip der Einschaltung enthalten: *A* und *C* sind Endstationen, *B* die Mittelstation einer Telegraphenleitung, *R*₁, *R*₂ und *R*₃ die Signalapparate, *T*₁, *T*₂ und *T*₃ die zugehörigen Taster zum Zeichengeben.

In den Endstationen *A* und *C* werden zwei gleich starke dem Widerstand der Leitungskette angemessene Batterien aufgestellt.

Bei beiden Batterien wird der Kupferpol mit der Drahtleitung, der Zinkpol mit der Erdleitung in Verbindung gesetzt, so dass also die beiden Kupferpole durch die Leitung, die Zinkpole durch die Erde unter sich in Verbindung stehen.

Da beide Batterien von gleicher Stärke sind, so kann keine Stromcirculation stattfinden. Verbindet man jedoch irgend einen Punct der Leitung mit der Erde, so circulirt der electrische Strom vom Kupferpol der Batterien durch die Leitung bis zu dem mit der Erde in Verbindung stehenden Punct und geht durch die Erde zum Zinkpol zurück.

Ich bemerke nebenbei, dass es zum leichtern Verständniss des Stromverlaufes bequemer ist, die Erde als Fortsetzung der electrischen Leitung und nicht als Reservoir, welches die Electricität der beiden Pole absorbiert, anzusehen.

Wird also der Taster *T*₁ in der Station *A* niedergedrückt, so wird die Batterie in *C* geschlossen, und der electrische Strom nimmt folgenden Weg:

Pol *c*, *b*, Electromagnet des Signalapparates *R*₃, *a*, 2, 1 des Tasters *T*₃ in der Station *C* — Leitung — *b*, Electromagnet des Apparates *R*₂, *a* in der Station *B* — Leitung — 1, 3 des Tasters *T*₁ in der Station *A*. Erdleitung in *A* — Erdleitung in *C* — Zinkpol *z* der Batterie in *C*.

Telegraphirt die Station in *C*, so ist der Stromverlauf folgender:

Pol *c*, *b*, *a*, 2, 1 in der Station *A* — Leitung — *a*, *b* in der Station *B* — Leitung — 1, 3 Erdleitung in der Station *C* — Erdleitung, Pol *z* in der Station *A*.

Telegraphirt die Mittelstation *B*, so wird durch Niederdrücken des Tasters *T*₂ der Punct *d* der Leitung mit der Erdleitung in Verbindung gebracht, und es findet folgende Stromcirculation statt:

Aus der Station *A* geht vom Pol *c* durch *b* und *a* des Apparates *R*₁, 2 und 1 des Tasters *T*₁, Leitung, Punct *d*, 1 und 3 in *B*, Erdleitung, Erdleitung in *A*, Pol *z* der Batterie in der Station *A*. Gleichzeitig geht aus *C* der Strom vom Pol *c* durch *b* und *a* des Relais *R*₃, 2 und 1 des Tasters *T*₃, Leitung, *b*, *a*, *d*, 1 und 3 in *B*, Erdleitung, Erdleitung in *C*, Pol *z* der Batterie in der Station *C*.

Man sieht hieraus, dass durch eine jede Station der Telegraphenkette sämmtliche Signalapparate afficirt werden.

Da aber die an den Endpunkten der Leitung befindlichen Batterien für den Widerstand der ganzen Leitung berechnet sind, so wird bei der Verbindung eines zwischenliegenden Punctes mit der Erde die Stromstärke grösser, weil der Leitungswiderstand des Schliessungsbogens einer jeden Batterie kleiner wird. Um jedoch in allen Fällen eine gleiche Stromstärke zu erzielen, wird bei der Verbindung der Leitung mit

der Erde für jeden Schliessungsbogen ein Rheostat zur Ausgleichung der Widerstände eingeschaltet. Die Widerstandsspulen sind für jede Station leicht zu ermitteln. Wenn z. B. in der Mittelstation *B* in der beiliegenden Zeichnung die Leitung mit der Erde verbunden wird, so circulirt der Strom der Batterie in *A* bloss durch die Leitung und Apparate zwischen *A* und *B*, während die normale Stromstärke dem gesammten Leitungs- und Apparatwiderstand zwischen *A* und *C* entspricht. Um daher bei dem kürzern Schliessungsbogen wieder die normale Stromstärke zu erzielen, wird ein Rheostat mit der von *A* laufenden Leitung in Verbindung gebracht, der dem Widerstande der Leitung und der Apparate zwischen *B* und *C* entspricht. Der Rheostat für den Schliessungsbogen der Batterie in der Station *C* entspricht dem Widerstande der Leitung und der Apparate zwischen *A* und *B*.

Da sich beide Schliessungsbogen in der Erde vereinigen, so kann man den kleinern Rheostat mit der Erdleitung verbinden, und für den andern Schliessungsbogen kann bloss eine Widerstandsspule eingeschaltet werden, welche dem Unterschiede der beiden Widerstände gleich kommt.

Der electriche Strom muss dann durch diese beiden Widerstandsspulen geführt werden.

Es sei z. B. der Gesamtwiderstand einer Leitungskette 47 Meilen, der Widerstand von *A* nach *B* 31 Meilen, von *C* nach *B* 16 Meilen. Man verbindet nun die Widerstandsspule von 16 Meilen mit der Erdleitung und führt den electriche Strom von *A* unmittelbar durch diesen Widerstand. Den Strom von *C* führt man zuerst durch einen Widerstand von $31 - 16 = 15$ Meilen, dann durch den mit der Erdleitung verbundenen Widerstand von 16 Meilen.

Der Schliessungsbogen der Batterie in *A* beträgt somit von *A* nach *B* 31 Meilen,
Rheostat 16 "
Zusammen 47 "

Der Schliessungsbogen der Batterie in *C* beträgt von *C* nach *B* 16 Meilen
1. Rheostat 15 "
2. Rheostat 16 "
Zusammen 47 "

Bei gleichen Widerständen müssen auch die Stromstärken beider Batterien gleich sein.

Um den Rheostat nach Erforderniss in die Schliessungsbogen einschalten zu können, erhält der Taster der Mittelstationen 4 Contactpunkte.

Das Schema II der beiliegenden Zeichnung stellt die vollständige Apparaturverbindung der Telegraphenstationen vor und es bezeichnen *A* und *C* die Endstationen und *B* die Mittelstation.

Der Stromverlauf in diesen Stationen ist folgender:

1. Wenn eine Endstation z. B. *A* Zeichen gibt.

Pol *c* der Batterie in *C*, Blitzableiter *B*, *h* und *e* des Wechsels *W*, *b* und *a* des Apparates *R*, 2 und 1 des Tasters *T*, Boussole *G*, *f* und *g* des Wechsels *W* — Leitung — *h* und *g* des Wechsels *W*, Blitzableiter *B*, Boussole *G*, 1 und 2 des Tasters *T*, *a* und *b* des Apparates *R*, Boussole *G*, Blitzableiter *B*, *e* und *f* des Wechsels *W* —

Leitung — *g* und *f* des Wechsels *W*, Boussole *G*, 1 und 3 des Tasters *T*, Erdleitung in *A* — Erdleitung in *C*, Pol *z* der Batterie in *C*.

2. Wenn die Mittelstation *B* Zeichen gibt.

a) Stromcirculation der Batterie in *A*.

Pol *c*, Blitzableiter *B*, *h* und *e* des Wechsels *W*, *b* und *a* des Apparates *R*, 2 und 1 des Tasters *T*, Boussole *G*, *f* und *g* des Wechsels *W*, — Leitung — *f* und *e* des Wechsels *W*, Blitzableiter *B*, Boussole *G*, *o* und *p* des Rheostats *M*, 4 und 3 des Tasters *T*, *m* und *n* des Rheostats *M*, Erdleitung in *B*, — Erdleitung in *A*, Pol *z* der Batterie in *A*.

b) Stromcirculation der Batterie in *C*.

Pol *c*, Blitzableiter *B*, *h* und *e* des Wechsels *W*, *b* und *a* des Apparates *R*, 2 und 1 des Tasters *T*, Boussole *G*, *f* und *g* des Wechsels *W*, — Leitung — *h* und *g* des Wechsels *W*, Blitzableiter *B*, Boussole *G*, 1 und 3 des Tasters *T*, *m* und *n* des Rheostats *M*, Erdleitung in *B* — Erdleitung in *C*, Pol *z* der Batterie in *C*.

Für den Fall einer Unterbrechung der Telegraphenleitung können die Mittelstationen bei unveränderter Einschaltung nur stets nach einer Richtung Zeichen geben, weil nur eine Batterie geschlossen werden kann.

Um das Telegraphiren auch für einen solchen Fall nicht beschränken zu müssen, verbindet jene Mittelstation, welche die Unterbrechung wahrgenommen hat, die Leitung permanent mit der Erde. Dadurch entsteht in dem nicht unterbrochenen Theil der Leitung ein constanter Strom.

Durch Niederdrücken des Tasters wird der constante Strom unterbrochen und dadurch das telegraphische Zeichen bewirkt.

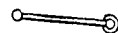
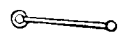
Zu diesem Ende haben auch die Relais einen doppelten Contact für den Localschluss. Durch einen einfachen am Relais angebrachten Wechsel wird die Localbatterie je nach Bedürfniss entweder bei der Circulation oder bei der Unterbrechung des Linienstromes geschlossen.

Es erübrigt nur noch die verschiedenen Stellungen des Linienwechsels der Stationen näher anzugeben.

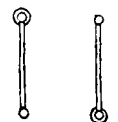
Diese Wechselstellungen sind:

A) Für die Endstationen.

1. Normale Wechselstellung:

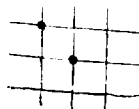


2. Ausschaltung der Station:

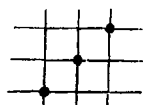


B) Für die Mittelstationen.

1. Normale Wechselstellung:



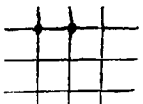
2. Unterbrechung der Leitung nach links:



3. Unterbrechung der Leitung nach rechts:



4. Ausschaltung der Station.:



Die Mittelstation darf eine Abschliessung der Linie nach rechts oder links nur in dem Falle einer Unterbrechung vornehmen.

Bemerkt die Station eine Unterbrechung, so muss sie sogleich genau untersuchen, ob der Fehler nicht in der eigenen Station liege.

Ist im eigenen Locale kein Fehler, so muss, je nach der Richtung der Unterbrechung, die Wechselstellung 2 oder 3 gemacht werden. Dann werden die Stationen der nicht unterbrochenen Strecke circularisch aufgerufen und von der Unterbrechung verständigt.

Von 5 zu 5 Minuten hat sich die Station zu überzeugen, ob nicht die Unterbrechung schon behoben oder von einer weiter liegenden Station abgeschlossen wurde, in welchem Falle sogleich wieder die normale Wechselstellung zu machen ist.

Die übrigen Stationen, welche die Circulation eines constanten Stromes bemerken, haben sogleich den Localstrom im Relais umzukehren.

Wollen sie selbst telegraphiren, so müssen sie zuerst die Erdleitung ausschalten. Nur die Endstation und diejenigen Mittelstationen, welche wegen Unterbrechung der Leitung die Linie abgeschlossen hat, ändern nichts an der Erdleitung.

Wechselstationen mit mehreren Leitungen können nach dem beschriebenen System in einfacher Weise als Translations-Stationen eingerichtet werden.

Das Schema III zeigt die Apparaturverbindung einer Translations-Station mit 2 Leitungen.

Die Batterie ist für beide Leitungen gemeinschaftlich; die Translations-Lage wird mit den Wechseln w_1 und w_2 hergestellt durch Verbindung der Punkte 4 mit 5.

Wird 4 und 5 getrennt, so ist die Wechselstation in getrennter Lage.

Die Stromcirculation bei dieser Apparaturverbindung ist folgende:

A) Bei der getrennten Lage.

a) Wenn die Station Zeichen aus der Leitung L^1 empfängt.

Pol c , k und i des Wechsels W , Punkt n , b und a des Relais R_1 , 2 und 1 des Tasters T_1 , e und f des Wechsels W , — Leitung L^1 — Erdleitung der Endstation — Erdleitung der Wechselstation, Pol z .

b) Die Station gibt Zeichen auf die Leitung L^2 .

Der Strom der Batterie aus der Endstation kommt zum Punkte h des Wechsels W , dann zum Punkt g , 1 und 3 des Tasters T_2 und von da zur Erdleitung.

B) Bei der Translationslage.

Bei dem Wechsel w_1 und w_2 wird 4 mit 5 verbunden.

Wenn eine Station der Leitung L^1 telegraphirt, so geht der Strom vom Pol c der Translations-Station nach k und i des Wechsels W , dann zum Punkt n , zu b und a des Relais R_1 , 2 und 1 des Tasters T_1 , e und f des Wechsels W , in die Leitung L^1 und mittelst der Erdleitung zum Pol z zurück.

Durch das Anziehen des Ankers in R_1 wird die Localbatterie geschlossen, der Anker des Schreibapparates S' angezogen und dadurch der Punkt 6 und 7 verbunden. Es kann nun der Strom aus der Leitung L^2 zum Wechsel W kommen, geht über h und g , zu 1 und 2 des Tasters T_2 , Punkt m , dann 7 und 6 des Apparates S_1 und über 4 und 5 zur Erde.

Auf diese Art wird jedes Zeichen von L^1 auf L^2 oder umgekehrt übertragen.

Ebenso wie das Problem der Translation nach dem neuen System einfach gelöst wurde, so lässt sich auch eine einfache Apparaturverbindung combiniren, bei welcher von einer Wechselstation aus nach allen abzweigenden Linien in beliebiger Anzahl gleichzeitig telegraphirt werden kann, was in gewissen Fällen Vortheile bietet.

Ebenso einfach kann man in einer Mittelstation, in welche noch eine andere Linie einmündet, so dass die Mittelstation zugleich Endstation für die Zweiglinie ist, die Apparate derart unter einander verbinden, dass nach Belieben entweder auf jeder Leitung separat telegraphirt wird, oder dass durch Translation die Zeichen von einer Leitung auf die andere übertragen werden können, so dass sämtliche Stationen der durchlaufenden und der einmündenden Linie miteinander correspondiren können.

Die Schema für solche Apparaturverbindungen füge ich wegen Raumersparniss nicht bei, in der Voraussetzung, dass jeder Fachmann nach den vorhergehenden Erklärungen solche Verbindungen mit Leichtigkeit entwerfen wird.

Eine Variation des Einschaltungssystems ist in dem Schema IV ersichtlich. Nach diesem Schema bekommt eine jede End- und Mittelstation Batterien.

Der electrische Strom einer jeden Batterie durchläuft jedoch stets nur den eigenen Apparat und die Leitung, ohne die Apparate der andern Stationen zu berühren.

Der Batterie wird also ein kleinerer Widerstand geboten, wesshalb sie auch schwächer sein kann.

Durch das Niederdrücken des Tasters wird 1 mit 3 und dadurch die Luftleitung mit der Erde verbunden. Da die Kupferpole mit der Luftleitung und die Zinkpole mit der Erdleitung in Verbindung stehen, so werden sämtliche Batterien geschlossen, der Strom circulirt vom Pol c durch

den Relais in die Leitung und bei der Station, welche telegraphirt, durch den Taster und Rheostat in die Erde.

Allerdings kann hierbei der Widerstand für jeden Schliessungsbogen nicht vollkommen ausgeglichen werden; diese Differenz kann jedoch keinen wesentlichen Nachtheil auf das Telegraphiren ausüben.

Wie ich bereits im Eingange erwähnte, haben mich die Nachtheile des constanten Stromes bei den electrischen Läutewerken für Eisenbahnen veranlasst, eine neue Einschaltung dieser Apparate zu suchen. Ich habe daher auch die ersten Versuche mit der neuen Einschaltung bei diesen Läutewerken gemacht, wobei mich Herr J. Leopolder, in dessen mechanischer Werkstätte die Läutewerke der Kaiserin Elisabeth-Westbahn construirt wurden, aufs Beste unterstützte.

Wir stellten aus lauter Polelementen zwei ganz gleiche Daniel'sche Batterien zu 10 Elementen zusammen, und haben das Gewicht eines jeden einzelnen Zink- und Kupferelementes vorgemerkt.

Die eine Batterie wurde nach der alten Einschaltung mit constantem Strom in einen Leitungswiderstand von 4 Meilen und 12 Läutewerken, die andere Batterie nach dem neuen System in eben so grossen Widerstand und so viele Apparate eingeschaltet.

Zur Füllung nahmen wir für das Zink reines Wasser, für das Kupfer Kupfervitriol-Lösung. In jedes Element wurde gepulverter Kupfervitriol in gleichen Gewichtsmengen gegeben.

Ist die Kupfervitriol-Lösung schwach geworden, so wurde wieder in jedes Element gepulverter Kupfervitriol nachgegeben und das Gewicht desselben notirt. Bei beiden Einschaltungen wurden täglich 120 Zeichen in verschiedenen Zeit-Intervallen gegeben. Nach Verlauf von 19 Tagen blieb bei der im constanten Schluss befindlichen Batterie das Nachfüllen mit Kupfervitriol ohne Wirkung und die Batterie hat gänzlich den Dienst versagt.

Die andere Batterie war noch so kräftig, dass sie voraussichtlich noch lange hätte Dienste leisten können.

Um aber den Materialverbrauch bemessen zu können, haben wir beide Batterien wieder auseinander genommen und die Bestandtheile genau abgewogen. Es zeigte sich nun, dass die erschöpfte im constanten Schluss gestandene Batterie 50 $\frac{1}{2}$ Loth Kupfervitriol und 19 Loth Zink consumirte, während die andere Batterie nur 25 $\frac{1}{2}$ Loth Kupfervitriol und 12 Loth Zink benötigte. Das Resultat dieses genau geführten Experimentes zeigt, dass durch Einführung des neuen Einschaltungssystems bei den electrischen Läutewerken bedeutend an Batteriematerial erspart werden kann, dass die Batterien nicht so oft ausgewechselt und nicht so sorgfältig behandelt werden müssen und dass diese Apparate an Sicherheit und Verlässlichkeit gewinnen. Mit mehr Schwierigkeiten verbunden schien die Anwendung des neuen Einschaltungssystems auf die Morse'schen Telegraphen-Apparate.

Allein die angestellten dieställigen Versuche haben alle Bedenken gegen das neue System widerlegt. Die General-direction der k. k. priv. österreichischen Staatseisenbahngesellschaft, welche immer jeden Fortschritt im Telegraphenwesen bereitwillig unterstützt hat, gestattete einen Versuch mit dem neuen Einschaltungssystem auf der Telegraphenlinie

von Temesvar nach Bazias, wozu die k. k. Staatstelegraphen-Anstalt die Genehmigung erteilte.

Die Telegraphenlinie ist 15,75 Meilen lang und es sind in derselben 9 Bahntelegraphenstationen und 4 Staatstelegraphenstationen, also zusammen 13 Stationen eingeschaltet.

Die neuen Apparaturverbindungen in diesen Stationen habe ich gemeinschaftlich mit dem Telegraphen-Ingenieur Herrn L. Langie gemacht und an einem festgesetzten Tag nach der telegraphischen Uhrenregulirung die Umschaltung aus dem alten System in das neue gleichzeitig auf sämtlichen Stationen vorgenommen. Der Erfolg dieses Versuches liess nichts zu wünschen übrig, sämtliche Stationen telegraphirten unter sich anstandslos und freuten sich darüber, dass bei der Gleichheit des electrischen Stromes die Relais nicht wie früher gerichtet werden mussten.

Die ursprünglich gegen das neue Einschaltungssystem erhobenen Bedenken haben sich bei dem vorgenommenen Versuch als unbegründet herausgestellt.

Es wurde mehrseitig die Einwendung gemacht, dass es schwer sei, zwei ganz gleiche Batterien zusammenzustellen und da sich das System auf solche gleiche Batterien basirt, so sei es practisch nicht ausführbar. Um dies zu widerlegen, habe ich mit dem Telegraphen-Ingenieur Hrn. Langie folgendes Experiment gemacht. Ich war in der Endstation Temesvar, Herr Langie in Bazias.

An beiden Endpunkten der Linie waren 60 kleine Daniel'sche Elemente eingeschaltet.

Von den in Temesvar eingeschalteten Batterien habe ich 12 Elemente ausgeschaltet und mit Bazias eine Correspondenz eingeleitet. Die Stromstärke hat dabei nicht merklich abgenommen und es musste der Relais nicht feiner gestellt werden. Nun habe ich wieder 12 Elemente eingeschaltet, dagegen hat Herr Langie in Bazias 36 Elemente ausgeschaltet. Auch jetzt noch ging die Correspondenz, ohne dass der Relais auf den schwächeren Strom gerichtet werden musste, gut von Statten, wenn auch die Zeichen bedeutend schwächer erschienen.

Man sieht hieraus, dass die gegenseitigen Batterien nicht absolut gleich sein müssen, und dass man daher in dieser Richtung nicht besonders ängstlich zu sein braucht. Es wurde ferner die Vermuthung ausgesprochen, dass die an den Endpunkten der Linien aufgestellten Batterien durch so viele Zwischenstationen zu sehr in Anspruch genommen werden, und dass bei mangelhafter Isolirung der Leitung eine beständige Stromcirculation Statt finden werde, was beides eine schnelle Abnützung der Batterien bewirken müsse.

Dieses Bedenken zu widerlegen, war besonders die Versuchslinie zwischen Temesvar und Bazias geeignet. Es ist eine Eisendrahtleitung auf eisernen Isolatoren, die schon lange zur Reconstruction beantragt wurde, weil sich das Isolirungssystem mit den eisernen Isolatoren als sehr mangelhaft herausgestellt hat. Die Ableitung des electrischen Stromes auf dieser Strecke ist eine enorme.

Die Boussole zeigt beim trockenen Wetter eine beständige Ablenkung der Nadel von 15—20 Grad, bei nassem Wetter dagegen 40—52 Grad.

Und dennoch wird bei dieser grossen Ableitung nach dem neuen System ungestört telegraphirt.

In Bezug auf die Abnützung der Batterien hat die Erfahrung gezeigt, dass die Batterien bei dem neuen Einschaltungssystem ebenso lang wirksam bleiben wie bei dem alten System.

Auf den Telegraphenstationen der k. k. priv. österr. Staatseisenbahn-Gesellschaft ist es Uebung, die Batterien regelmässig nach Verlauf von 4 Wochen zu reinigen und frisch zu füllen.

Die bei dem beschriebenen Versuch in Temesvar und Bazias eingeschalteten Batterien standen ebenfalls 4 volle Wochen im Betriebe, ohne dass während dieser Zeit Kupfervitriol nachgefüllt oder sonst eine Veränderung daran vorgenommen worden wäre.

Die Batterien waren nach 4 Wochen noch immer im betriebsfähigen Zustande; ich habe es jedoch vorgezogen, die Batterien nach demselben Zeitraum wie auf andern Linien wieder frisch zu füllen, weil es mir nicht möglich war, auf der Strecke Temesvar-Bazias den Moment persönlich abzuwarten, wann die Batterien den Dienst versagen werden.

Was die durch Berührung der Leitungen hervorgerufenen Telegraphenstörungen betrifft, so sind diese bei dem neuen System nicht so nachtheilig wie bei dem alten. Der fremde electriche Strom findet nämlich bei der neuen Einschaltung nicht einen directen Weg zur Erde, da die an den Endpunkten eingeschalteten Batterien dem fremden Strome einen bedeutenden Widerstand bieten.

Dass dies in der Wirklichkeit Statt findet, kann man auf der Versuchslinie Temesvar-Bazias ersehen. Bei der schlechten Isolirung dieser Strecke waren früher besonders bei feuchtem Wetter die durch Ableitung bewirkten Berührungen äusserst störend. Bei der neuen Einschaltung sind Berührungen trotz Regenwetter kaum bemerkbar, so dass der Relaishebel gar nicht zum Schluss kommen kann. Auch über Telegraphen-Unterbrechungen wurden Versuche gemacht. Wir haben absichtlich Unterbrechungen gemacht und es haben auch zufällige Unterbrechungen Statt gefunden und dabei haben die Stationen bei Beobachtung der für diesen Fall angegebenen Regeln anstandslos telegraphirt.

Wie aus dem detaillirt beschriebenen Versuch zu ersehen ist, stösst das neue Einschaltungssystem in der practischen Ausführung auf keine Schwierigkeiten.

Noch könnte vielleicht eingewendet werden, dass die Ausgleichung der electricen Ströme, d. h. die Berechnung der Rheostate sehr schwer sei. Allein in der Praxis ist eine besondere Genauigkeit in dieser Hinsicht nicht nothwendig.

Gewöhnlich nimmt man den Widerstand einer Telegraphenstation mit 7 Meilen an. Ich habe durch verschiedene Versuche gefunden, dass dieser Widerstand zwischen 4 bis 22 Meilen variirt. Da ich für meinen ersten Versuch nicht hinreichend Rheostat-Draht zur Disposition hatte, so musste ich die Rheostate äusserst öconomisch construiren. Ich nahm den Widerstand einer Station blos mit 3 Meilen an, und habe bei mehreren Stationen auf einen Leitungswiderstand von circa 4 Meilen keine Rücksicht genommen. Die Rheostate waren daher keineswegs genau berechnet, und doch

hatte dieser Umstand auf die telegraphische Correspondenz keinen nachtheiligen Einfluss.

Da die mit dem beschriebenen Einschaltungssystem vorgenommenen Versuche vom günstigen Erfolg waren, so wurde auf der Strecke Temesvar-Bazias die neue Einschaltung beibehalten und ich wurde mit der Einführung derselben auf der Linie Pest-Czegled, enthaltend 10 Stationen, darunter zwei k. k. Controlstationen, beauftragt.

Die Vortheile des neuen Systems bestehen in folgendem:

1. Die Anschaffung der kostspieligen Batterien für die Zwischenstationen fällt weg. Die nun entbehrlich gewordenen Batterien auf bereits eingerichteten Linien können mit ihren Bestandtheilen für lange Zeit als Reserve dienen.

2. Die grössten Auslagen des Telegraphenbetriebes, nämlich für die Instandhaltung der Batterien, werden auf ein Minimum gebracht.

3. Der Telegraphendienst wird erleichtert, weil das beschwerliche und umständliche Reinigen der Linienbatterien zum grössten Theile wegfällt.

4. Ist die Handhabung der Apparate bei Erzielung einer gleichen Stromstärke bedeutend vereinfacht.

5. Bei portativen Telegraphen sind keine Linienbatterien mehr nothwendig.

6. Der constante Strom bei electricen Läutewerken der Eisenbahnen kann abgeschafft werden, wodurch die Apparate an Sicherheit und Verlässlichkeit gewinnen, und die grossen Betriebskosten auf ein sehr geringes Maass reducirt werden.

Mit Ausnahme der Taster und der Relais, welche bei dem neuen System eine unbedeutende Abänderung in der Construction erleiden, können die andern im Gebrauche stehenden Apparate unverändert bleiben.

Bei einer bereits eingerichteten Telegraphenlinie sind die Kosten für die neue Einschaltung ungefähr folgende:

1. für eine Endstation 3 fl. 50 kr.

2. Für eine Mittelstation 22 fl.

Dagegen werden alle Batteriewechsel und auf den Mittelstationen auch die Linienbatterien entbehrlich.

Die Einrichtung einer neuen Station nach der beschriebenen Einschaltung ist aber billiger als nach dem alten System, weil die Kosten der Umarbeitung der Apparate wegfallen.

Projecte der a. p. bogenförmigen Gitterbrücken,

von Jos. Langer, k. k. Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 22 u. 23.)

(Fortsetzung des im 7. Hefte abgebrochenen Aufsatzes.)

IV. Project.

(Zeichnungsblatt Nr. 22.)

Das zu betrachtende vierte Project ist vergleichbar dem zweitbehandelten Systeme. Beim zweiten waren die Tragbögen unmittelbar durch Gitterstreben versteift und zu einem steifen Balken in der Bogenform verbunden, während die durch den Scheitel desselben horizontal geführte Gegenkette geschmeidig blieb: hier aber erscheint der Tragbogen nur mittelbar und dadurch versteift, dass das Verstei-

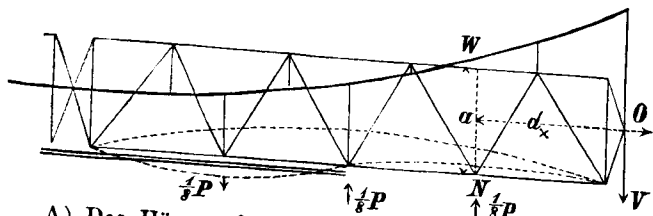
fungsmateriale zwischen die Parallelstränge der gedachten Gegenkette verlegt ist, wodurch diese einen steifen Balken bildet, der dem Tragbogen die Unveränderlichkeit seiner normalen Form gibt, mit ihm durch verticale Bänder in Verbindung stehend.

Die steife Gegenkette hat in den beiderseitigen Widerlagsmauern des Objects ihre Verankerung, oder sie constitiert förmlich einen Stembalken, der sich an die jeseitigen Widerlager anstemsst und keiner Verankerung bedarf. Die Gegenkette wird auf Zug und Biegung, der Stembalken wird auf Pressung und Biegung in Anspruch genommen. Auf Zug allein, resp. auf Pressung allein, wird der besagte Constructionstheil nur bei der Belastung des Systems zur Hälfte (vom Widerlager zur Scheitelmittle) beansprucht. Diese einfache Inanspruchnahme besteht dann in dem maximalen Horizontalzschube $H = \frac{PL}{8f}$, der im Scheitel aus der gedachten

Belastung resultirt. Dieser Horizontalzug ist — was ich hiermit voraussetze — das Maass der grössten zulässigen Spannung und Pressung in den Längsbändern der Gegenkette oder des Stembalkens und soll darüber hinaus die Inanspruchnahme der bezeichneten Glieder in keinem ihrer Punkte unter keiner Phase der beweglichen Belastung grösser werden können. Dies die Bedingung behufs der Berechnung der erforderlichen Wandhöhe des unter partiellen Belastungen auf Biegung in Anspruch genommenen Versteifungsapparates.

Die ungünstigsten Belastungsfälle in Bezug auf die Biegunsinanspruchnahme des steifen Constructionstheils repräsentirt die Belastung auf $\frac{1}{2}$ der Länge und beziehungsweise auf $\frac{1}{2}$ derselben. Diese beiden sind maassgebend für die Bestimmung der Höhe der steifen Wand bei der einen und andern Constructionart. Ich werde daher nur diese beiden Fälle näher in Betracht ziehen.

Fig. 1.



A) Das Hängwerk mit der steifen Gegenkette unter der Belastung auf $\frac{1}{2}$ der freien Länge.

Im Zusammenhalte mit dem beistehenden Holzschnitte ergeben sich zur Bestimmung der Spannungen und Pressungen der Längsbänder des Balkens folgende Grundformeln:

$$Wa = O \frac{a}{2} + Vd_x - (pd)$$

$$Xa = -O \frac{a}{2} + V\delta_x - (p\delta)$$

welche mit den hier geltenden speciellen Werthen von $O = \frac{PL}{23f}$, $V = \frac{1}{8}P$, $(pd) = \frac{3}{8} \frac{Pd_x^2}{L}$, $(p\delta) = \frac{3}{8} \frac{P\delta_x^2}{L}$ in die Bestimmungsgleichungen

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{a} \left(\frac{1}{8} d_x - \frac{3}{8L} d_x^2 \right) + \frac{PL}{64f} \\ X &= \frac{P}{a} \left(\frac{1}{8} \delta_x - \frac{3}{8L} \delta_x^2 \right) + \frac{PL}{64f} \end{aligned} \right\} \quad \text{.. (XXVI)}$$

übergehen. Die erstere dieser beiden liefert für $W_{\max} = \frac{PL}{16f}$ und für $d_x = \frac{1}{2}L$ die erforderliche Wandhöhe

$$a = \frac{1}{16}f, \dots \dots \dots \text{(XXVII)}$$

während die Berechnung des Belastungsfalles

$$\text{auf } \frac{1}{2}L \text{ nur } a = \frac{1}{16}f,$$

$$" \quad \frac{1}{2}L \quad " \quad a = \frac{1}{16}f,$$

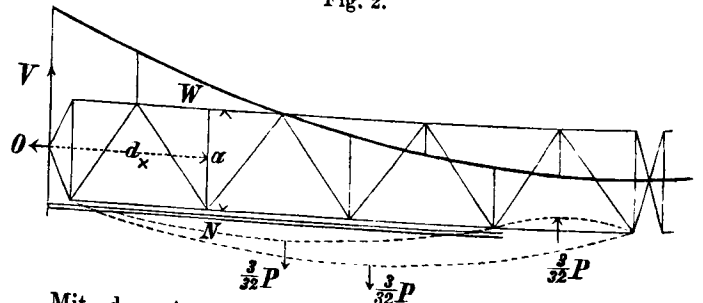
$$" \quad \frac{1}{2}L \quad " \quad a = 0,$$

$$" \quad \frac{1}{2}L \quad " \quad a = \frac{1}{16}f,$$

zur Wandhöhe verlangt. Also erweist sich $a = \frac{1}{16}f$ als die maximale Wandhöhe des Kettenbalkens, welche der Constructeur bei diesem System einzuhalten haben wird.

B) Das Hängwerk mit dem Stembalken unter der Belastung auf $\frac{1}{2}$ der freien Länge.

Fig. 2.



Mit den Andeutungen des beistehenden Holzschnittes finden sich für die Inanspruchnahmen der Längsbänder des Balkens die Grundformeln

$$Wa = O \frac{a}{2} + Vd_x - (pd),$$

$$Xa = -O \frac{a}{2} + V\delta_x - (p\delta),$$

welche sich mit den hier geltenden speciellen Werthen von $O = \frac{9}{16} \frac{PL}{8f}$, $V = \frac{1}{8}P$, $(pd) = \frac{7}{32} \frac{Pd_x^2}{L}$ und $(p\delta) = \frac{7}{32} \frac{P\delta_x^2}{L}$ gestalten, wie folgt:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{a} \left(\frac{3}{32} d_x - \frac{7}{32L} d_x^2 \right) + \frac{9PL}{256f} \\ X &= \frac{P}{a} \left(\frac{3}{32} \delta_x - \frac{7}{32L} \delta_x^2 \right) - \frac{9PL}{256f} \end{aligned} \right\} \quad \text{(XXVIII)}$$

Die erstere dieser beiden Gleichungen liefert für $W_{\max} = \frac{PL}{16f}$ und für $d_x = \frac{1}{2}L$ die maximale Wandhöhe von

$$a = \frac{1}{16}f \dots \dots \dots \text{(XXIX)}$$

während bei der Belastung des Systems auf $\frac{1}{2}L$ die Wandhöhe $a = \frac{1}{16}f$,

$$\text{auf } \frac{1}{2}L \text{ dieselbe } a = 0,$$

$$" \quad \frac{1}{2}L \quad " \quad a = \frac{1}{16}f,$$

$$" \quad \frac{1}{2}L \quad " \quad a = \frac{1}{16}f,$$

wird.

In Betreff der Strebeglieder gilt folgendes. Die grösste Inanspruchnahme derselben tritt in beiden Constructionsfällen bei der Belastung auf $\frac{1}{2}L$ und auf $\frac{1}{2}L$ mit dem Werthe von

$$y = \frac{1}{2}P \frac{1}{\cos \beta} \dots \dots \dots \text{(XXX)}$$

auf, durch β den von der Strebe mit dem Horizonte gebildeten Winkeln bezeichnend. Diese Inanspruchnahme gilt der Diagonalstrebe der einfachen Verstrebung, oder dem Strebekreuz der zweifachen.

Ich habe das alternative System mit der steifen Gegenkette und mit dem steifen Stemm balken auf dem Zeichnungsblatte Nr. 22 in dem Beispiele einer Hängebrücke von $L = 252'$, $f = 21'$, $P = 10000$ und $\alpha P = 4000$ Ctr. zur Anschauung gebracht. Die Fig. 1—5 beziehen sich auf die Darstellung der erstgenannten, die Fig. 6 auf jene der andern Alternative.

Für das System mit der Gegenkette beziffert sich in diesem Beispiele die Wandhöhe nach der Formel (XXVII) auf $a = 4,375$ Fuss, für die Construction mit dem Stemm balken nach der Formel (XXIX) auf $a = 7,594$ Fuss. Beide Constructionen erscheinen auf dem Zeichnungsblatte mit der berechneten Wandhöhe von 4,375 Fuss durchgeführt; die letztere, bei welcher die Rechnung eigentlich die höhere Wandhöhe von 7,594 Fuss erheischt, mit der Beigabe und Anwendung einer Sattelstütze nach der Andeutung in Fig. 6, womit auch hier die Durchführung der Wand in der geringeren Höhe von 4,375 Fuss zulässig wird, wie man bald erkennt.

Die Fig. 2 versinnlicht in den örtlich angesetzten Zahlen das Verhalten der Constructionstheile unter der zufälligen Belastung auf $\frac{1}{2}L$ (mit Rücksicht auf die beständige Eigenlast der Construction) bei dem Systeme mit der verankerten Versteifungskette.

Es ist zu bemerken, dass in den Längsbändern des Ketten- wie auch des Stemm balkens anlässlich der Biegungsinanspruchnahme Spannung und Pressung effectiv eintreten wird, dass in jenen des Kettenbalkens die Spannung, in jenen des Stemm balkens die Pressung vorwiegend ist, u. z. in dem Verhältniss von $\frac{PL}{16f}$ Spannung per Längsband zu $\frac{1}{2} \cdot \frac{PL}{16f}$ Pressung per Längsband beim Kettenbalken- so wie in dem Verhältniss von $\frac{PL}{16f}$ Pressung zu $\frac{1}{2} \cdot \frac{PL}{19f}$ Spannung des einzelnen Stemmbandes beim Stemm balkensysteme. Diess ist vom Constructeur behufs der entsprechenden Wahl und Zusammenfügung der Details des Balkens zu beachten.

Das Gewicht des in Fig. 1—5 der Tafel dargestellten Hängwerks würde sich in der practischen Ausführung, den Sicherheitscoefficienten für die Kettenstränge und die Längsbänder der Gegenkette zu 170, für die Gitterstreben und für Querträger zu 120, für die Tragstangen, Windbänder etc. zu 80 Centner angenommen — im Metall, wie in der schwebenden Last überhaupt, wie folgt berechnen:

Die Kettenstränge innerhalb der Stützpunkte gäben 1245 Ctr. die Längsbänder des Gitterbalkens innerhalb der

Stützpunkte	840 „
die Strebe des Gitterbalkens	180 „
die Hängstangen	50 „
die Brückenquerträger	705 „
die Windbänder der Bahn	80 „
die Ausläufer der Tragketten jenseits der Stützpunkte	1050 „
die Ausläufer oder Ankerketten des Kettenbalkens	300 „
die Rollwägen und Lagerplatten in den Stütz- und	
Ankerpunkten	100 „
zusammen	4550 Ctr.

Diese Summe gäbe nach Abzug der drei letzten

Gewichtsposten im Betrage von 1450 Ctr.

in dem Reste von 3100 Ctr.

das innerhalb der freien Objectslänge schwebende

Eisengewicht, welches unter Hinzurechnung der Last der Brückenbahn (Schienenlangschwelen, Geleiseschienen, Bedielung, u. s. w.) im Belange von 1000 „

die gesammte schwebende Constructions last von . 4140 Ctr.

liefert. Diese ist der Berechnung mit der abgerundeten Ziffer von $\alpha P = 4000$ „

zu Grunde liegend.

Bei der Einfachheit der Construction im Ganzen und in den Einzeltheilen und bei der Leichtigkeit der Zusammenfügung der letztern kann ich den Einheitspreis für den Centner Eisen mit 25 fl. ansetzen, und so würde sich die Kosten summe — einschliesslich der Montirung und Brückenbahnherstellung — für das obige Beispiel höchstens auf 130000 Gulden belaufen.

V. Project.

(Zeichnungsblatt Nr. 23).

Ich habe schon im Septemberhefte d. Zeitschr. auf die gegenwärtig zu berechnende Construction hingewiesen, und die Idee dazu in den Grundlinien sowohl dort wie auch schon in meinen früheren Mittheilungen (s. die Brochüre über die bogenförmigen Gitterbrücken Taf. IV—VI) angegeben.

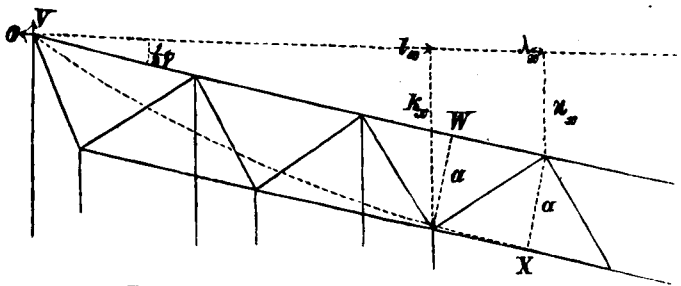
Was die Berechnung der Tragfähigkeit betrifft, so werde ich dieselbe für den vorliegenden Entwurf einer Dreifelderbrücke von 264füssiger Nutzweite im Mittelfelde und von 528füssiger Gesamtweite auf Grund der zu dem Ende aufzustellenden allgemeinen Formeln — durchführen und das Verhalten des Systems bei verschiedenen Belastungen durch ziffermässige Angabe der Spannungen und Pressungen in den Fig. 5 und 7 des Zeichnungsblattes Nr. 23 graphisch ausdrücken.

Unter der Gesamtbelastung der Brücke wie im ledigen Zustande derselben und bei jeder gleichförmig über die ganze Länge gehenden Belastung erweisen sich die Längsbänder des Systems als lediglich auf Zug in Anspruch genommene Glieder. Unter partiellen Belastungen bleibt nur der untere Strang beständig gezogen, der obere erfährt theilweise eine Pressung. Die ausschliesslich auf Zug beanspruchten Theile der Stränge können aus geschmiedeten Kettengliedern von gewöhnlicher Form hergestellt werden, während die auf beide Arten in Anspruch kommenden Theile derselben aus gewalzten Schienen von entsprechend I förmigem Querschnitt geformt und in den aneinander liegenden Gliedern derart gebunden sein müssen, dass sie dem Drucke wie dem Zuge widerstehen können.

Behufs der Berechnung ist der gerade Theil des Gitterbalkens vom bogenförmigen zu unterscheiden. Die Formeln werden für jeden Theil besonders aufzustellen sein.

A) Berechnung des geraden Balkentheils.

Mit Zuziehung der beistehenden Figur gelangt man bezüglich der Spannungen und Pressungen der Längsbänder für die Bedingung des Gleichgewichts der im System wirkenden Kräfte zu den Relationen:



$$\left. \begin{aligned} Wa &= Ok_x - \sqrt{l_x + (pl)} \\ Xa &= -Ok_x + \sqrt{l_x - (p\lambda)}, \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$$\text{wo } k_x = \frac{2fl_x}{L} + \frac{a\sqrt{L^2 + 4f^2}}{L} \text{ und } x_x = \frac{2f\lambda_x}{L},$$

wo O der Horizontalschub und V der Verticaldruck im Stützpunkte ist, wo (pl) und $(p\lambda)$ die lothrechte Lastwirkung innerhalb der Distanzen l_x und λ_x vom Stützpunkte aus gemessen symbolisch ausdrückt. Diese Kräfte ändern sich mit der Belastung. Es sollen nun behufs der Präcisirung obiger Formeln einige Fälle der Belastung durchgegangen werden.

1. Die volle Belastung oder das Mittelfeld der Brücke bei der Belastung auf seiner ganzen Länge.

In diesem Falle wird — aus der Eigenlast der Construction αP und aus der zufälligen Belastung P des Mittelfeldes vereint —

$$O = \frac{(\alpha + 1) PL}{8f} \text{ und } V = \frac{(\alpha + 1) P}{2},$$

$$(pl) = \frac{(\alpha + 1) Pl_x^2}{2L} \text{ und } (p\lambda) = \frac{(\alpha + 1) P\lambda_x^2}{2L}.$$

Mit diesen Werthen erhält man die Bestimmungsformeln

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{(\alpha + 1) P}{8f} \sqrt{L^2 + 4f^2} \\ X &= \frac{(\alpha + 1) P}{aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right), \end{aligned} \right\} (2)$$

2. Das Mittelfeld bei der Belastung seiner halben Länge vom Widerlager aus. Hier erscheinen die Werthe für die belastete Hälfte:

$$O = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f} \text{ und } V = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P}{2},$$

$$(pl) = \frac{(\alpha + 1) Pl_x^2}{2L} \text{ und } (p\lambda) = \frac{(\alpha + 1) P\lambda_x^2}{2L};$$

für die unbelastete Hälfte

$$O = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f} \text{ und } V = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P}{2},$$

$$(pl) = \frac{\alpha Pl_x^2}{2L} \text{ und } (p\lambda) = \frac{\alpha P\lambda_x^2}{2L},$$

womit sich die spezifischen Formeln von beziehungsweise

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P \sqrt{L^2 + 4f^2}}{8f} \\ X &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right), \end{aligned} \right\} (3)$$

und

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{\alpha P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P \sqrt{L^2 + 4f^2}}{8f} \\ X &= \frac{\alpha P}{2aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right) \end{aligned} \right\} (4)$$

ergeben.

3. Für das allein belastete Seitenfeld erhält man mit den Werthen von

$$O = \frac{\alpha PL}{8f}, V = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P}{2} \text{ und } (pl) = \frac{(\alpha + 1) Pl_x^2}{2L}$$

die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{\alpha P}{8f} \sqrt{L^2 + 4f^2} \\ X &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right), \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

4. Das ledige Seitenfeld bei der Belastung des Mittelfeldes bestimmt sich bei den Werthen

$$O = \frac{(\alpha + 1) PL}{8f}, V = \frac{(2\alpha + 1) P}{4} \text{ und } (pl) = \frac{\alpha Pl_x^2}{2L}$$

in den Ausdrücken

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{\alpha P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{(\alpha + 1) P}{8f} \sqrt{L^2 + 4f^2} \\ X &= \frac{\alpha P}{2aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right), \end{aligned} \right\} (6)$$

5. Das ledige Seitenfeld bei der Belastung des halben Mittelfeldes berechnet sich mit den Werthen

$$O = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f}, V = \frac{(2\alpha + \frac{1}{2}) P}{4}, (pl) = \frac{\alpha Pl_x^2}{2L}$$

nach den Formeln:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{\alpha P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P}{8f} \sqrt{L^2 + 4f^2} \\ X &= \frac{\alpha P}{2aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right), \end{aligned} \right\} (7)$$

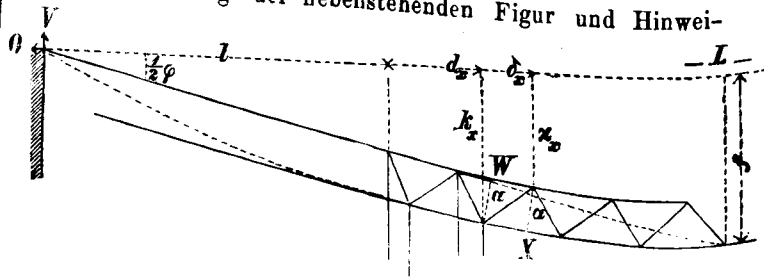
6. Das belastete Seitenfeld bei der Belastung des halben Mittelfeldes berechnet sich mit

$$O = \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f}, V = \left(2\alpha + \frac{3}{2} \right) \frac{P}{4}, (pl) = \frac{(\alpha + 1) Pl_x^2}{2L}$$

nach den Formeln

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(-\frac{L}{2} l_x + l_x^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) P}{8f} \sqrt{L^2 + 4f^2} \\ X &= \frac{(\alpha + 1) P}{2aL} \left(\frac{L}{2} \lambda_x - \lambda_x^2 \right), \end{aligned} \right\} (8)$$

B) Berechnung des bogenförmigen Balkentheiles.
Mit Zuziehung der nebenstehenden Figur und Hinweis-



sung auf die dort angenommenen Bezeichnungen entwickeln sich aus den Grundformeln

$$\left. \begin{aligned} Wa &= Ok_{l+x} - V(l + d_x) + (pld) \\ Xa &= -O(x_x - a) + V(l + \delta_x) - (pl\delta), \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

in welchen

$$k_{l+x} = f - t = \frac{4fL(l + d_x) - 4f(l + d_x)^2}{L^2},$$

$$x_x = f - \tau = \frac{4fL(l + \delta_x) - 4f(l + \delta_x)^2}{L^2},$$

beziehungsweise folgende Formeln:

ad 1. Betreffend das System bei der Vollbelastung oder das Mittelfeld bei der Belastung der ganzen Länge des letztern, die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} W &= 0 \\ X &= \frac{(\alpha + 1) PL}{8f} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10)$$

ad 2. Das Mittelfeld bei der Belastung seiner Hälfte;
— die Formeln für die belastete Seite:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{4a} \left(-\frac{1}{2}(l + d_x) \right) + \frac{1}{L}(l + d_x)^2, \\ X &= \frac{P}{4a} \left(\frac{1}{2}(l + \delta_x) \right) - \frac{1}{L}(l + \delta_x)^2 + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f}; \end{aligned} \right\} (11)$$

die Formeln für die unbelastete Seite:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{4a} \left(\frac{1}{2}(l + d_x) - \frac{1}{L}(l + d_x)^2 \right), \\ X &= \frac{P}{4a} \left(-\frac{1}{2}(l + \delta_x) + \frac{1}{L}(l + \delta_x)^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f}. \end{aligned} \right\} (12)$$

ad 3. Das belastete Seitenfeld bei der Belastung desselben allein. Hier gelten die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{2a} \left(-\frac{1}{2}(l + d_x) + \frac{1}{L}(l + d_x)^2 \right), \\ X &= \frac{P}{2a} \left(\frac{1}{2}(l + \delta_x) - \frac{1}{L}(l + \delta_x)^2 \right) + \frac{\alpha PL}{8f}. \end{aligned} \right\} \dots \dots (13)$$

ad 4. Für das ledige Seitenfeld bei der Belastung des Mittelfeldes kommen in Geltung

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{2a} \left(\frac{1}{2}(l + d_x) - \frac{1}{L}(l + d_x)^2 \right), \\ X &= \frac{P}{2a} \left(-\frac{1}{2}(l + \delta_x) + \frac{1}{L}(l + \delta_x)^2 \right) + \frac{(\alpha + 1) PL}{8f}. \end{aligned} \right\} (14)$$

ad 5. Für das ledige Seitenfeld bei der Belastung des halben Mittelfeldes gelten

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{4a} \left(\frac{1}{2}(l + d_x) - \frac{1}{L}(l + d_x)^2 \right), \\ X &= \frac{P}{4a} \left(-\frac{1}{2}(l + \delta_x) + \frac{1}{L}(l + \delta_x)^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f}. \end{aligned} \right\} (15)$$

ad 6. Das belastete Seitenfeld bei der Belastung des halben Mittelfeldes bekommt die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} W &= \frac{P}{4a} \left(-\frac{1}{2}(l + d_x) + \frac{1}{L}(l + d_x)^2 \right), \\ X &= \frac{P}{4a} \left(\frac{1}{2}(l + \delta_x) - \frac{1}{L}(l + \delta_x)^2 \right) + \frac{(\alpha + \frac{1}{2}) PL}{8f}. \end{aligned} \right\} (16)$$

Was die Berechnung der Inanspruchnahme der Gitterstreben betrifft, so hat man für alle Fälle der Belastung die schon bekannte Relation

$$Y = \frac{X_1 - X_2}{2 \cos \beta}, \dots \dots \dots (17)$$

in welcher X_1 und X_2 die Spannungen zweier am Knoten, den die fraglichen Streben bilden, liegender Längsglieder sind und β den Winkel bezeichnet, den diese Streben mit denselben Längsgliedern einschliessen.

Der im Obigen zusammengestellten Formeln habe ich mich bedient, um das Verhalten des auf dem Zeichnungsblatte dargestellten Entwurfes einer zweigeleisigen Eisenbahnbrücke von $L = 264'$ und $f = 22'$, von $P = 10000$ und $\alpha P = 4000$ Ctr. bei verschiedenen Phasen der Belastung zu untersuchen und zu bestimmen. Die diesfälligen Resultate erscheinen in den Figuren 5 — 7 desselben Blattes veranschaulicht.

Auf Grundlage solcher Berechnung lassen sich nun die erforderlichen tragfähigen Querschnitte aller einzelnen Glieder

des Systems bemessen und gestalten, und auch die Metallgewichte angeben.

Ich nehme zur Gewichtsbestimmung den Coefficienten des Schmied- und Walzeisens

für die Gliedmaassen der Haupt- oder Längsträger, wie sonst, mit 170 Ctr.;

für die Bestandtheile der Querträger mit 100 Ctr. und für die Tragstangen mit 80 Ctr. an.

Damit berechnet sich das Eisengewicht

a) im Mittelfelde

für die Längsbänder mit	1355 Ctr.
" " Gitterstreben "	200 "
" " Tragstangen "	60 "
" " Querträger "	662 "
" das Versteifungsnetz der Fahrbahn mit	20 "

β) in den Seitenfeldern

für die Längsbänder mit	1558 "
" " Gitterstreben "	260 "
" " Tragstangen "	60 "
" " Querträger "	662 "
" " Versteifung der Fahrbahn mit	20 "
" " Ankerketten mit	430 "
" " Ständer, Rollwägen, Unterlagsplatten, Ankerstühle etc. mit	120 "

zusammen mit 5407 Ctr.

Da die Brücke eine Gesamtweite von 528 Fuss überspannt, so entfallen vom obigen Eisengewichte auf den Currentfuss dieser Ueberbrückung

bei doppelgleisiger Bahn	10 Ctr.
" einfacher "	5 "

Ueber Brüche und Restaurirung von Eisenbahnachsen.

(Mit Figuren auf Blatt H im Texte.)

Schon seit längerer Zeit glaubte ich in mannigfaltigen Thatsachen, welche sich mir in den verschiedenartigsten Verhältnissen wiederholt darboten, eben so viele Beweise erblicken zu müssen, welche gegen die sehr verbreitete Ansicht sprechen, dass sich die Textur des Eisens durch Hämmern, Rütteln, Biegen, überhaupt durch Anstrengung innerhalb der Elasticitätsgrenze nach Verlauf gewisser Zeiträume verändere, und in Folge dessen an seiner Haltbarkeit verliere.

Am deutlichsten und wohl auch im grössten Maassstabe hat man gewiss bei Eisenbahnfuhrwerken Gelegenheit zu beobachten, ob etwas Wahres an dieser Annahme der Texturveränderung sei oder nicht. Und eben die Beobachtung einer grossen Anzahl von Brüchen an neuen so wie an alten Eisenbahnfuhrwerksachsen der verschiedenartigsten Constructionsarten waren es, welche mir die Ueberzeugung verschafften, dass eine solche Texturveränderung durch Anstrengung des Eisens innerhalb der Elasticitätsgrenze gar nicht existire.

Anfangs dieses Jahres hatte ich neuerdings die Gelegenheit, mich wiederholt von der Richtigkeit meiner Ansicht zu überzeugen und dieselbe auf die nachstehend angeführt.

Weise für die südliche Staatsbahngesellschaft in ziemlicher Ausdehnung nutzbar zu machen.

Für die südliche Staatsbahn wurden in den Jahren vor 1847 bei Gelegenheit der Wageneuanschaffungen grosse Partien von Wagenachsen beigestellt, so dass die Gesamtzahl derselben in den ersten Jahren des Betriebes zwischen Wien und Laibach sammt Zweigbahnen bei 6000 betrug, welche Achsen, in der Wesenheit einander gleich, nur darin verschieden waren, dass bei einer Gattung der innere Lageranlauf von der Radnabe circa 9^{'''} weiter hervorstand als bei der andern, welcher Unterschied zu gering ist, um hier in Betracht gezogen zu werden.

Diese in Rede stehenden Achsen haben die in Fig. 1 dargestellte Form und waren fast ohne Ausnahme in leichten Losch-Rädern eingezogen; sie wurden in vier-, sechs- und achtradrigen Personen- und Lastwagen der verschiedenartigsten Constructionen bei verhältnissmässig geringer Belastung verwendet, da bei den Lastwagen per Zapfen die Belastung von 45 Zoll-Centnern in der Regel nicht überschritten wurde.

Das Brechen dieser beiden Gattungen von Wagenachsen wiederholte sich immer öfter und zwar fast ohne Ausnahme an den Wurzeln der Lagerzapfen, so dass man endlich, eines-theils um die Sicherheit nicht zu gefährden, und den hiedurch fast täglich verursachten Verkehrsstörungen nicht mehr ausgesetzt zu sein, anderseits um die Schäden hintanzuhalten, welche Achsenbrüche auf Eisenbahnen überhaupt herbeiführen, anordnete, alle Achsen, welche keine Jahreszahl oder kein Zeichen des Lieferungsjahres trugen, ausser Dienst zu stellen, hiefür neue Achsen anzuschaffen, die alten aber als altes noch brauchbares Materiale zurückzugewinnen.

In Folge dieses Verfahrens trat sehr bald ein Wagenmangel ein, weil vom Werke Prevali, an welches man sich wegen der besonders guten Qualität der von dort bezogenen Achsen seit Jahren zu wenden gewöhnt hatte, nicht so viele Achsen beigestellt werden konnten, als man in der bedungenen kurzen Zeit benöthigte.

Da man zu jener Zeit schon beabsichtigte, die bisher bestandenen Wagen, besonders die Lastwagen, binnen längstens 2 Jahren zu beseitigen und dafür andere beizustellen, für welche die Dimensionen der bisher verwendeten Wagenachsen aber nicht passend waren, so würde die Beischaffung von circa 1000 Stück neuer Achsen nach dem alten Modelle, die man voraussichtlich binnen der nächsten Monate mindestens nöthig zu haben glaubte, ein Opfer zu nennen gewesen sein, welches man hätte bringen müssen, weil, wenn des zu erwartenden Verkehrs wegen der nöthige Wagenvorrath gesichert bleiben sollte, die Ausnützung solcher neuer Ersatzachsen nach dem alten Modelle doch in Frage gestellt bleiben musste.

Um diesen dringenden Bedarf an Wagenachsen zu decken, dennoch aber die nothwendige grosse Auslage möglichst zu reduciren, schlug ich vor, man solle nochmals genau untersuchen und würdigen, wesshalb denn eigentlich die Zapfen dieser in Rede stehenden Achsen so häufig brechen, und dabei ein besonderes Augenmerk auf die scharf eingelaufenen Hohlkehlen der Zapfenwurzeln richten. Dies geschah, und man fand wirklich, dass zwar die meisten der fraglichen gebro-

chenen oder gebrechlichen Wagenachsen den Lieferungs Jahren 1844 bis 1847 angehörten oder gar kein Zeichen einer Lieferungszeit trugen, dass aber auch viele der nach 1847 gelieferten Achsen ebenso, und zwar an den scharf angelaufenen Hohlkehlen gebrochen waren; dass dagegen unter den bereits verworfenen Achsen aus den Jahren 1844 bis 1847 so manche sich vorfanden, welche wegen guter Erhaltung ihrer Hohlkehlen an den Zapfenwurzeln vollkommen haltbar geblieben waren.

Auf mein Anrathen, weniger die Jahreszahl als die Abnützung in den Hohlkehlen der Zapfenwurzeln als Ursache des Brechens der Achsen zu betrachten, und dabei die diesbezüglichen zu brechen drohenden Achsen zu restauriren, wurde, wenn auch nicht sogleich, der Dringlichkeit, Wichtigkeit und Ersparung wegen eingegangen, indem ich mit 11 Stück solcher bereits wegen Abnützung und vermeintlicher Altersschwäche oder veränderter Textur verworfener Wagenachsen, d. i. an 22 Zapfen den Beweis der Zweckmässigkeit des Restaurirungsverfahrens geliefert hatte. Es wurden nach diesen Ergebnissen keine weiteren Wagenachsen nach dem alten Modelle mehr bestellt, und die früher bestellten und inzwischen eingelangten Achsenprügel für diese in Rede stehenden alten Achsen sorten deponirt belassen; hingegen traf man die Einleitung, dass nach meinem Verfahren jene Achsen, deren Hohlkehlen an den Zapfenwurzeln vernachlässigt waren, in der Mitte ihrer Länge um circa 1½ Zoll gestreckt, und nach geschehener Centrirung am äussersten Ende durch Stauchen und Schweissen die normalmässigen Bündel oder äusseren Anläufe erneuert wurden, wobei aber die Wurzeln der Achsenzapfen möglichst kalt belassen wurden, um das Centriren der Achsen zu erleichtern. Nachdem die Bündel bei solcher Herstellung vom Schmied aus fertig waren, liess man die Wärme vom Bündel mit Nachhilfe neuerlicher Hitzung gegen die inneren Hohlkehlen der Zapfen laufen, um durch Feuerprobe mit Auftropfen von Wasser die im Dienste etwa früher entstandenen Anbrüchigkeiten nächst den Hohlkehlen der Zapfenwurzeln zu entdecken.

Der Sicherheit wegen sollten Achsen mit geringen Anrissen, wenn sie auch nach geschehener Restaurirung wirklich ohne Bedeutung gewesen wären, von der Wiederverwendung ausgeschlossen bleiben; jedoch wurden dergleichen Achsen zu wiederholten Malen, ebenso wie die noch brauchbaren, in die normale Form durch Erneuerung regelrechter Hohlkehlen an den Wurzeln der Zapfen gebracht, um die Wirkung zu erproben, welche die erneuerten Hohlkehlen und das Verrücken der durch scharfes Einlaufen oder Anrissigkeit geschwächten Stellen gegen die Mitte der Zapfen ausübten. Bei der Erprobung solcher Achsen wurde stets gefunden, dass solche Zapfen, welche gering angerissen waren, und in Folge dessen auch, wie die Erfahrung genügend gelehrt hat, mit wenigen Hammerstreichen abzuschlagen gewesen wären, nachdem die Hohlkehlen nachgesetzt, somit die Anrisse mehr der Zapfenlängenmitte genähert worden waren, wie Fig. 2 an-

chen Dimensionen vollkommen gleich waren, dass sogar bis zu 1 Linie tiefe Anrisse fast nach der ganzen Peripherie wohl bei der Probe erkennbar, aber für die Sicherheit in der Ver-

wendung der Achsen im Dienste, nach den Proben zu urtheilen, deshalb keinen Eintrag hätten thun können, weil bei der Erprobung mit Hammerstreichen sich die Zapfen an deren Wurzeln so abbiegen liessen, als ob am Zapfen keine Anrisse gewesen wären. — In den Monaten Jänner, Februar und März dieses Jahres wurden in den Werkstätten der Südbahn 966 Stück alte, theils schon früher verworfene, theils während dieser Zeit Behufs der Restaurirung aus den Rädern entnommene Achsen, welche zu brechen drohten, auf die beschriebene Weise restaurirt und wieder dem Dienste übergeben; seit dieser Zeit sind die früher so häufigen Achsenbrüche seltener geworden, und es ist von den restaurirten Achsen, welche als solche bezeichnet wurden, mit Ausnahme einer einzigen, welche einen alten Bruch hatte, der vom Schmied aus hätte entdeckt werden sollen, bis heute keine gebrochen; und doch waren dies nur die ältesten Achsen, deren Hohlkehlen am meisten nachtheilig abgenützt waren, daher Brüche in Folge einer Texturveränderung, wenn die Annahme einer solchen begründet wäre, vor allen andern an diesen restaurirten Achsen hätte vorkommen müssen.

Der Bruch der eben erwähnten einen Achse war 9" vom inneren Ansatz des Zapfens entfernt, daher 3" weg vom Auslauf der Hohlkehle, wie Fig. 3 zeigt; ein Beweis, dass dies ein alter Bruch sein musste, dass die Achse ungenügend gestreckt und deren Anrissigkeit mittelst Feuer und Wasser nicht erprobt worden war, da eine Achse in solchem Falle, wenn nicht eine besondere Veranlassung zum Bruche durch Einschnitten etc., wie hier z. B. durch Versetzen der alten Anrissigkeit gegeben wird, nie anders als bei a (Fig. 3) brechen kann.

Da man auf der Südbahn mit der Lieferung der neuen Wagen, deren Achsen andere Dimensionen haben; als die zur Restaurirung geeigneten alten Achsen, im Monate April und Mai 1860 so weit vorgeschritten war, dass man die alten Wagen zu beseitigen beginnen konnte, so schien vorläufig für die letzteren eine weitere Restaurirung ihrer Achsen nicht nöthig, daher die Einstellung dieser Restaurirung nicht als ein Zeichen der Unzweckmässigkeit zu betrachten ist. Die Ersparung bei einer so restaurirten Achse, gegenüber den Kosten für eine neu anzuschaffende, eingerechnet die Verwerthung des alten Materiales etc. beträgt 15 bis 18 fl., somit bei 966 Achsen die beträchtliche Summe von 16,000 fl.

Die Eisenbahnverwaltungen gebrauchen, wenn auch nicht immer, doch meistens grosse Vorsicht bei der Auswahl des Achsenmaterials. Man ist auch in der Fabrikation der Achsen so weit vorgeschritten, und in manchen Eisenwerken so sicher, dass es zu den ausserordentlichen Seltenheiten gehört, wenn die Qualität des Materials selbst als Ursache von Achsenbrüchen auf Eisenbahnen angesehen werden kann; dennoch aber kommen bei dem Verkehre der Züge Brüche an Achsen vor, deren Ursachen in der ungenügenden Qualität des Materials, oder in einer Texturveränderung, in Folge Anstrengung innerhalb der Elasticitätsgrenze beim Gebrauche, in Fehlern im Eisen, sprödem Korne u. s. w. gesucht werden. Meistens beruhen aber solche Beurtheilungen auf Täuschungen oder unrichtigen Grundlagen. Fast alle Achsenbrüche ha-

ben ihre Entstehung in Missverhältnissen der Achsenformen selbst, oder in unrichtigen auf einander Bezug habenden Combinationen der Achsen und Räderdimensionen.

Selten brechen Achsen an anderen Stellen, als dicht an der Radnabe zwischen beiden Rädern, oder an den Wurzeln der Lagerzapfen; letztere sind bei Curven-Bahnen die häufigsten, und es findet dies seine natürliche Erklärung darin, dass zuweilen durch Abnützung die ohnehin ungenügenden Dimensionen noch mehr geschwächt werden, d. h. die Hohlkehlen laufen sich an den Wurzeln der Zapfen ab, zu welcher der Festigkeit der Achsen sehr nachtheiligen Abnützung die Unschlittlager an Wagenachsen bei Curven-Bahnen wesentlich beitragen. Der Fehler, welcher durch eine übertriebene Verjüngung der Achsenprügel nach deren Längenmitte zu gemacht wird, um hiedurch eine Schonung der Achsen an deren Zapfen und in der Nähe der Naben zu erreichen, muss schon auffallend gross sein, wenn er bei dem Fahrfundus einer oder der andern Eisenbahn allgemein zu Achsenbrüchen in der Längenmitte zwischen den beiden Radnaben Veranlassung geben soll. Ebenso dürfte auch das Brechen der Achsen in den Hohlkehlen der Zapfen, wenn es sich an gleichartigen, gleichzeitig gelieferten und gleichmässig verwendeten Wagen wiederholt, sehr oft weniger in einer unzureichenden Dimension an den Bruchstellen der Achsen seinen Grund haben, als vielmehr in einem Uebermaass der Dicken-Dimensionen der Nachbarformen dieser Stellen.

Sehr nachtheilig auf die Haltbarkeit der Wagenachsen wirken alle grelle Unterbrechungen in den Querschnittsmassen nach der Länge der Achsen. Es stellen sich die unnöthigen Massen den durch Stösse entstehenden Schwingungen im Materiale nicht nur hinderlich in den Weg, sondern sie beeinträchtigen die Elasticität der Achsentheile mit schwächeren Dimensionen am Orte des Zusammenhanges oder Ueberganges zu den stärkeren Nachbarformen, je nach Umständen, sehr bedeutend. Unverhältnissmässiges Absetzen der Achsen an den Zapfenwurzeln so wie am Innern der Radnaben; unnöthig schwere Räder und Lager; unnöthig weit von den Rädern hervorstehende Lagerzapfen, wenn die Achsenprügel zwischen und hinter den Naben nicht verhältnissmässig reichliche Dimensionen besitzen, sind die Veranlassungen, welche nebst schlechter Bahn und grosser Kälte die meisten Achsenbrüche hervorrufen; von Folgen übermässiger Belastungen und Fehlern im Eisen kann hier keine Rede sein. Würden die Achsenzapfen in ihren Dimensionen und Constructionsverhältnissen durch Abnützung nicht verändert, so würden kleinere als bisher übliche Dimensionen der Achsenzapfen hinreichen, und man würde durch Anwendung solcher, nicht nur leichtere, sondern auch geringere Anschaffungs- und Erhaltungskosten erfordernde Wagen erzielen, als dies allgemein üblich ist. In dieser Beziehung würde vorzugsweise auf das richtige allmälige Verstärken der Achsen von den Wurzeln gegen die Radnabe hin, und auf Beseitigung unnöthigen Gewichtes der Räder Werth zu legen sein; ersteres sucht man häufig durch Vergrösserung der Hohlkehlen an den Lagerwurzeln zu erreichen.

Diese grossen Hohlkehlen an den Zapfenwurzeln aber, so vortheilhaft sie für die Festigkeit der Zapfen sind, ver-

ringern die Druckflächen, verursachen unnöthig weit von den Rädern entfernte, daher nachtheilige Auflage, und unnöthig schnelle Abnützung der Lagerflächen, durch welche ein unruhiger Gang der Wagen bewirkt wird.

Den Lagerzapfen grosse Stirnansatzflächen für die Erhaltung des ruhigen Ganges der Wagen zu geben, ist besonders beim Betriebe von Curven-Bahnen wichtig, dies um so mehr, wenn die Curven oft wechseln und die Lager mit Unschlitt oder irgend einer Starrschmiere geschmiert werden, weil in Folge der Anwendung starrer Schmierstoffe ein trockenes Laufen, und daher Einfressen der Lager und Zapfen, ohne immer warm zu gehen, weit öfter vorkommt, als dies bei leichtflüssigeren, weniger Zugkraft fordernden Schmierstoffen der Fall ist.

Dieses Ablaufen oder Einfressen der Achsenzapfen und Lager in Folge trockenen Ganges ist eine zu Achsenbrüchen wesentlich beitragende Mitursache, und zwar namentlich dann, wenn es in den Hohlkehlen der Zapfenwurzeln geschieht, wo es auch gewöhnlich beginnt, weil in der Regel bei schon abgenützten Lagern die gegen die Stirnseiten gerichteten Schmier-nuthen nicht mehr wirksam sind, welcher Mangel an Schmier-nuthen bei Oelschmiere übrigens weit weniger als bei fester Schmiere nachtheilig ist. Die Erfahrung hat auch hinlänglich bewiesen, dass man bei fester Schmiere ungleich mehr als bei Oelschmiere Zapfen findet, welche an den Flächen ihres cylindrischen Theiles so wie ihren Hohlkehlen in Folge trockenen Ganges kleinere oder grössere, seichtere oder tiefere Nuthen eingerieben oder eingefressen haben, welche Nuthen oft schon so tief waren, dass sie Ursache zu theilweisem Abschneiden (Abfallen) der Zapfen wurden. Aber selbst bei der besten Oelschmiere werden die Hohlkehlen der Achsenzapfen bei Curvenbahnen immer noch sehr häufig Schaden nehmen, weil dieselben stets, so lange die Wagen in Curven laufen, continuirlich an die Lager angepresst werden, und hiebei an den betreffenden Lagerstirnseiten oder Anläufen eine Vertheilung der Schmiere nicht leicht möglich ist. Bei Achsenzapfen, an welchen sich scharfe Ansätze, in ähnlicher Art wie Fig. 4. gebildet haben, werden bei schon geringen Stößen plötzliche Brüche über den ganzen Querschnitt der Zapfen, und zwar um so gleichförmiger und mit um so gröberem krystallinischem Gefüge über die ganze Fläche vertheilt erfolgen, je niedriger die Temperatur war, in welcher die Zapfen gebrochen wurden.

Andere Zapfen, an deren Hohlkehlen durch Abnützung in Folge trockenen Ganges oder anderer Einwirkungen solche Formen hervorgebracht wurden, die, wie in Fig. 5 angedeutet, weniger scharfen Einschnitten gleichen, werden seltener im Dienste plötzlich brechen, als jene in Fig. 4; sie werden auch, wenn sie bei fortdauernden Umdrehungen zum Bruche kommen, wie mit feinstem Messer von aussen nach dem ganzen Umfange eingeschnitten, gegen die Mitte zu abreißen, die Bruchflächen werden gegen den Umfang ein feines krystallinisches, gegen die Mitte aber stets ein mehr sehnensartiges Gefüge oder gröbere verdrückte Zacken (Sehnen) zeigen.

Die durch Formveränderung, Temperatur und verschiedenartige Anstrengung hervorgebrachten gröberen oder feineren Krystalle an den Bruchflächen von Achsen, von deren

ursprünglicher Materialsgüte und sehniger Textur man überzeugt war, geben so manchen Anlass zur Behauptung, dass Achsen, so wie überhaupt Schmiedeeisen in Folge Anstrengung innerhalb der Elasticitätsgrenze und hieraus entspringender Texturveränderung gebrochen sind, welche Annahme mir in so lange nicht annehmbar erschien, als man ebenso mit neuem wie mit viel gedientem Eisen beweisen kann, dass die Verschiedenheit im Aussehen der Textur bei gleichem Materiale Folge des Bruches ist; indem unter der Voraussetzung, dass es sich immer um ein ursprünglich gleiches und sehniges Eisen handle, die Entstehung des mehr oder weniger krystallinischen oder sehnigen Aussehens des Bruchflächengefüges abhängig zu machen ist:

1. von der Form, welche man dem zu brechenden Eisen gibt,
2. von der Art und Weise, in welcher das Eisen gebrochen wird, und
3. von der Temperatur, in welcher das Eisen zum Bruche kommt.

Je dicker und kürzer die Massen, je greller die Unterbrechungen in deren Dickendimensionen, z. B. bei dicken Achsen, je scharfkantiger, tiefer und kürzer eine Lagereindrehung, je kräftiger der Schlag oder Stoss, je näher die Auflage vor der Bruchstelle, je steifer, widerstandsfähiger und unelastischer die beiden Theile, welche von einander gebrochen worden sind, und je niedriger die Temperatur des Eisens ist, desto grobkrystallinischer wird der Bruch des sehnigsten schönsten Eisens sein; hingegen je schwächer und länger ein gleich dicker Eisenstab ist, welcher gebrochen werden soll, je allmäliger der Druck zum Brechen bei Sommertemperatur ausgeübt wird, desto vollkommener und deutlicher wird die Sehnenbildung sein.

Um nun einen Beweis hiefür, so wie für die Erreichung einer grösseren Festigkeit durch Wegschaffung der unnöthigen Massen bei Achsen, und für die Richtigkeit des angewendeten Restaurationsverfahrens zu geben, welche Restauration so eigentlich nur in der Erneuerung der Hohlkehlen und Untersuchung der Anbrüchigkeit besteht, und um endlich auch die passende Gelegenheit zu benützen, die in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins Nr. 21 und 22, IX. Jahrganges, besprochene, von mir vorgeschlagene Achsenzapfenform zu erproben, konnte es wohl kaum ein besseres Material geben, als solche wegen scharf eingelaufener Hohlkehlen an der Zapfenwurzel, und wegen vermeintlicher, aus Altersgeschiedene Achsen, deren Zapfen von 2" 6''' Dicke, auf 2" 4 1/2''' abgenützt waren. Von jeder der zwei hiezu ausgewählten Achsen wurde jener Zapfen, welcher an seiner Wurzelhohlkehle schärfer eingelaufen war, wie jener bei X in Fig. 6, zugegeben. Die beiden Zapfen Y, welche neu 5" lang waren, hatten durch Abnützung eine Lagerlänge von 5" 4''' erhalten; von den beiden Zapfen X wurden aber die inneren Anlaufflächen um 8" zurückgedreht, so dass jeder dieser Zapfen um 8 Linien länger wurde, als jeder der Zapfen Y.

Von einer dieser Achsen wurde der Zapfen X, und von der andern der Zapfen Y rothbraun bis zur Stelle ausge-

glüht, welche in der Radnabe zu sitzen kommt, die andern beiden Zapfen dieser beiden Achsen blieben unausgeglüht, wurden jedoch in eine sommerähnliche Temperatur gebracht, so dass die Temperatur aller 4 Zapfen bei den mit ihnen vorgenommenen Proben dem Gefühle nach möglichst gleich war. Die Zapfen dieser beiden Achsen wurden sodann unter thunlichst gleichen Umständen der Hammerprobe unterzogen, wobei sich nachstehende Resultate ergaben:

Bezeichnung des Zapfens.	Anzahl der Hammer- strieche mit		Biegung nach geschehenen Schlägen. 	Anmerkung.
	15 H	25 H		
1. Achse, unausgeglühter Zapfen 	12 12 12	" " 12	" " " "	$\frac{1}{2}''$ $1\frac{1}{4}''$ $2\frac{1}{4}''$ $3\frac{1}{4}''$ Kein Fehler, der Bug schön, bis über die Verjüngung vertheilt.
1. Achse, ausgeglühter Zapfen 	12 12 12	" " 12	" " " "	$3''$ $6''$ $9''$ $13''$ In der Hohlkehle der Zapfenwurzel unschädliche Längenrisse, Zapfen in der Wurzel viel, am Cylinder wenig gebogen, gut haltbar geblieben.
2. Achse, ausgeglühter Zapfen 	12 12 12	" " 13	" " " "	$1''$ $2\frac{1}{4}''$ $2\frac{1}{4}''$ $4\frac{1}{2}''$ Wie der erste Bündelzapfen.
2. Achse, unausgeglühter Zapfen. 	12 12 12	" " "	" " "	$2\frac{1}{2}''$ $6\frac{1}{2}''$ $2''-0''$ Im Uebergange der Wurzel-Hohlkehle zum Cylinder, geringe Andeutung zu einem Anriss in der Richtung des Umfanges. Nach oben der Querriss mehr offen, unten unbemerkbar. Riss oben bei $4''$ weit offen, über den halben Umfang des Zapfens ausgedehnt, tiefste Stelle des alten Anrisses bei $\frac{1}{4}''$, die untere Hälfte des Zapfens nicht angerissen, vollkommen haltbar geblieben.

Da man auf die Führung des Beweises von der Richtigkeit der Ansicht, dass durch die Herstellung dieser Bündelachsenform den Achsen eine grössere Dauerhaftigkeit gegeben werde, auch die abgenützten Achsen hiedurch zu restauriren sind, keinen Werth legte, ich selbst aber von der Wirkung dieser Formen und den Veränderungen bei Achsen namentlich genügend überzeugt war, so wurden diese Proben nicht vervielfältigt; man begnügte sich mit den gewonnenen oben angeführten Resultaten, um darauf hin den Bedarf an Achsen nach den alten Dimensionen aus den abgenützten Achsen mit Hilfe des Restaurationsverfahrens zu decken, ohne hiezu neue Achsenprügel zu verwenden.

Wien, im August 1860.

Fischer v. Röslerstamm.

Ueber die Anlage eines artesischen Brunnens im k. k. Arsenal bei Wien.

Von W. Stoz.

(Mit Zeichnungen auf Blatt J im Texte.)

In Folge einer Aufforderung, einen Plan zur Versorgung des k. k. Arsensals bei Wien mit gutem und genügendem Wasser vermittelst eines artesischen Brunnens im Arsenal selbst zu entwerfen, machte ich folgende Erhebungen, deren Mittheilung dem Wesentlichen nach nicht ohne Interesse sein dürfte.

Zu dem angegebenen Zwecke war es nöthig, die Umgegend des Arsensals zu besichtigen und kennen zu lernen und dann zu erfahren, was für Resultate die bisherigen artesischen und gegrabenen Brunnen bis zur neuesten Zeit gebracht haben. — Obwohl in geognostischer Beziehung viele werthvolle detaillirte Beschreibungen der nächsten Umgebung von Wien erschienen sind, so ist doch in Beziehung der Ermöglichung von Wassergewinnung aus der Tiefe die Broschüre von F. v. Jacquin und P. Partsch, im Verlage bei Carl Gerold in Wien 1831, der geeignetste Leitfaden für den bezeichneten Zweck.

Das k. k. Arsenal, südlich von der Stadt Wien, liegt gegenüber der Donau auf einer Hochebene, welche sich west-

lich an die Anhöhen des Wienerberges anschliesst, während sie sich nach Norden gegen die Donau zu rasch hinabneigt. Der Pegel an der Ferdinandsbrücke über den Donaukanal liegt 470' über dem Meere, während die Sohle des Raaber Bahnhofes 602' hoch liegt, ein Höhenunterschied von 132'. Die Meereshöhe des Getreidemarktes ist = 540', der Höhenunterschied zwischen letzterem und dem Raaber Bahnhofe 62'.

Es sind für die Wasserversorgung des k. k. Arsenal's drei Gruppen von Brunnen von Bedeutung.

1. Die in der obenangeführten Schrift näher beschriebenen 48 artesischen Brunnen bei Liesing, Altmannsdorf, Hetzendorf, Atzgersdorf erreichen ergiebige, durchschnittlich 3' über die Oberfläche sich ergiessende Quellen bei 60 bis 166' Tiefe. Da der Liesinger Bach bei dem Uebergange der Südbahn über denselben eine Meereshöhe von 702' hat, der Uebergang derselben Bahn bei Hetzendorf 610' über dem Meere liegt, so liegen die Ausgüsse jener Brunnen theils 100' theils 8' höher als das Arsenal, während die Wasserlinie derselben in der Tiefe, da sie 60' bis 166' tief gebohrt werden mussten, in Liesing theils 40' über der Sohle des Raaber Bahnhofes oder des Arsenal's, andertheils 40' unter demselben liegen.

Bei Altmannsdorf und Hetzendorf, wo die Ausgushöhe der artesischen Brunnen circa 8' höher liegt als das Arsenal, wurden die artesischen Brunnen 60' bis 166' tief gebohrt. Die Wasserlinie liegt sonach theils 52', theils 158' unter dem Niveau des Arsenal's. Daraus geht hervor, dass die bezeichneten Brunnen ihren Wasserzufluss aus Gegenden beziehen, welche mit der Höhe, auf welcher das Arsenal steht, unzusammenhängend sind, denn sonst müssten, da ihre Ausflüsse höher liegen als letzteres, die Wasser in den Brunnen des Arsenal's früher zu Tage gekommen sein. Jene artesischen Brunnen beziehen ihr Wasser aus den im Westen liegenden Bergen von Kalksburg bis St. Veit und deren Verzweigungen.

2. Die 2. Gruppe der artesischen Brunnen in den Vorstädten Hundsturm und Gumpendorf, welche im Tiefsten des westlichen Abhanges der Hochebene des Arsenal's etwa 70' unter dem Niveau des Arsenal's ihren Ausfluss haben und deren Bohrtiefe 78' bis 240' beträgt, bezieht ihre Wasser theils aus der Hochebene des Arsenal's selbst, da die Wasser aufnehmenden und abführenden Schotter-, Sand- und Lösslagen, welche in den Brunnen des Arsenal's und des Raaber Bahnhofes durchgraben und durchbohrt worden sind, sich nach dem Thale des Wienflusses hinabsenken. Es ist sonach auch von diesem unterirdischen Wasservorrathe kein Gewinn für das Arsenal zu ziehen, da die Ausflüsse der Brunnen viel tiefer liegen als das Arsenal selbst.

3. Zu der 3. Gruppe gehören der artesische Brunnen auf dem Raaber Bahnhofe, welcher eine Tiefe von 651' erreicht hat, dann die gegrabenen und durch Bohrlöcher vertieften Brunnen auf dem Belvedere, im botanischen Garten, in dem Hause Nr. 477 am Rennwege, der artesische Brunnen von 581' Tiefe auf dem Getreidemarkte und der 540' tief gebohrte Brunnen im Sophienbade.

Alle diese Brunnen wurden in sandigem Lehm, Schotter, Kieselgeschieben, glimmerigem Sande und blauem Tegel mit Zwischenlagen von Mergelplatten begonnen und erreichten die durch diese Arbeiten bekannt gewordene, Wien und Umgegend

unterteufende Tegelmasse, deren Mächtigkeit bis 49' unter der Meeresfläche aufgeschlossen, deren tiefere Mächtigkeit bis auf das feste Grundgebirge aber bis jetzt unbekannt ist.

Die im Arsenal, im Raaber Bahnhofe, im Belvedere und botanischen Garten gegrabenen Brunnen können die Wasser, welche sie in dem aufgeschwemmten Schotter etc. erzielt haben, wegen des unter 2. angeführten Grundes nicht zum Ueberfließen bringen und können, wenn anhaltende Trockenheit eintritt, nicht genügend Wasser schaffen, während letzteres gleichzeitig wegen der zwischenlagernden Thon- und Tegelschichten meist unbrauchbar zum Trinken und für Dampfmaschinenbetrieb ist.

Die tiefer in den Tegel eingedrungenen Brunnen des Raaber Bahnhofes, des botanischen Gartens, des Getreidemarktes, des Hauses Nr. 477 am Rennweg und des Sophienbades haben theilweise reichliche Quellen erschlossen, jedoch bleibt auf dem Raaber Bahnhofe das Wasser 29' unter der Oberfläche, während die Quellen der anderen Brunnen durch Versandung theilweise ganz versiegt sind. Es wurde, wie die Linie auf dem Durchschnitte zeigt, welche vom Liesingbach bis zum Tiefsten des artesischen Brunnen auf dem Raaber Bahnhofe gezogen ist, angenommen, dass die Wasser der sämtlichen Brunnen von Gruppe 1, 2 und 3 aus Einer und derselben Wasser führenden Gebirgslage kommen. Diess scheint indessen nicht richtig zu sein, theils aus den oben angegebenen Gründen, andertheils weil die Beschaffenheit des Wassers in den Gruppen Nr. 1 und 2 eine gute ist, während das Wasser von den artesischen Brunnen von anderer Beschaffenheit ist.

Ein so bedeutendes Etablissement, wie das k. k. Arsenal, dessen Wasserbezug unabhängig sein muss, und dessen Bedarf täglich wohl 5000 Eimer beträgt, ist genöthigt, sein Wasser aus ausgebreiteterem Oberflächen-Gebiete zu beziehen, muss dieselben tiefer suchen und einer Gebirgsformation entnehmen, welche einerseits Festigkeit genug besitzt, um nicht zusammen zu stürzen, andererseits aber genügend und brauchbares Wasser liefert. — Die im Tegel gebohrten Brunnen haben nemlich gezeigt, dass mit grösserer Tiefe auch die Menge des Wassers zunimmt und an Steigkraft gewinnt, ihr Wasserlieferungsgebiet also ein höher gelegenes und weiter verbreitetes ist.

Schon in dem Gebirgsdurchschnitt der oben angeführten Schrift ist Bezug darauf genommen, auf die das Becken von Wien in weiterer Ferne begrenzenden festen Gebirge zu reflectiren, welche die in ihrer eigenen Ausdehnung aufgenommenen Wasser nach der Tiefe führen, wozu sie eine Oberfläche von wenigstens 36 Quadratmeilen bieten. Da nun jene Gebirgszüge und die an ihnen gelagerten Kalk- und Sandsteinformationen jüngerer Periode, wie z. B. der Cerithienkalk bei Gumpoldskirchen etc. meist nach dem Wiener Becken einfallen, dieselben aber wahrscheinlich unterhalb Wien selbst in Folge einer Senkung oder bei Hebung der Gebirgskämme erfolgten Zurückbleibens in grösserer Tiefe sich finden müssen, so ist daraus zu schliessen, dass sie die an der Oberfläche aufgenommenen Wasser nach der Tiefe führen und dass letztere nach oben stürzen, wenn ihnen nach Abschliessung des vielleicht 1000' mächtigen Tegels durch einen artesischen

Brunnen Gelegenheit gegeben wird, sich einen Ausfluss zu verschaffen.

Aber auch in dem Falle, dass die jüngeren Gebirgsformationen nur den Strand des antediluvianischen Tiefthales bilden, ist von den tieferliegenden Gebirgen, mögen sie kluftig oder nichtkluftig sein, das enormste Wasserquantum zu erwarten, welches bei grosser Steigkraft unversiegbar sein muss. Da die im Tiefsten zu erwartenden Gebirgsarten längst mit Wasser getränkt sind, so sind die Wasser, welche jetzt von oben nach der Tiefe gehen, im Stande, durch einen artesischen Brunnen wiedergewonnen zu werden, da sie nirgendwohin einen zweiten Abfluss haben können, indem sie tief unter der Wiener Meereshöhe liegen. Dies zeigt bildlich die beiliegende Karte (Bl. J im Texte), auf welcher diejenigen Gebirge, welche das Wasser für das Arsenal nach der Tiefe führen, schraffirt sind. Auf derselben Karte ist seitlich ein Gebirgsdurchschnitt gezeichnet, welcher dieselben Bezeichnungen hat.

Um diese Wasser zu gewinnen, wird vorgeschlagen, einen artesischen Brunnen zu bohren, der vermöge seiner zu erwartenden bedeutenden Tiefe (vielleicht 1500') und wegen der zu durchbohrenden lockern und weichen Gebirgslagen, welche mit Röhren von Eisenblech vor dem Zusammengehen gesichert werden müssen, in grossen Dimensionen begonnen werden muss.

Der Brunnen muss mit 3' Durchmesser begonnen werden, er wird durch den Tegel, welcher beiläufig 1000' mächtig sein dürfte, mit Röhren von Eisenblech bis auf festes Gestein ausgefüttert, von wo ab das Bohrloch ohne Röhren stehen und bis zum Erguss einer entsprechenden Quelle abgesenkt wird. Ist letztere erreicht, so wird eine Röhre von ein und demselben Durchmesser von der Quelle bis zur Oberfläche in das Bohrloch gestellt und der umfangende Raum zwischen ihr und den ersten Röhren mit hydraulischem Kalk vergossen, so dass der Bau für sich auf ewige Zeiten steht und vor dem Zusammenfallen, welches durch die Zerstörung der Blechwände durch die Wasser erfolgen könnte, geschützt ist.

Nachdem so der Ausbau fertig ist, wird die Steigeröhre, welche einen der Wassermenge entsprechenden Durchmesser hat, eingesetzt. Diese Röhre schützt das Bohrloch vor den Zerstörungen durch das fliessende Wasser, isolirt die Quelle und kann nach Bedürfniss herausgezogen und eingelassen werden, wenn je einmal der Brunnen gereinigt werden müsste.

Ein so grossartiges Unternehmen kann nur mit Dampfkraft durchgesetzt werden und beansprucht einen Zeitraum von 2 bis 2½ Jahren. Die Kosten können sich auf ungefähr 100,000 fl. öst. Währ. belaufen.

Es entstehen nun Fragen, deren Beantwortung nicht unterlassen werden darf. 1. Ist ein solcher artesischer Brunnen technisch durchführbar? d. h. kann die Niederbringung eines so weiten und tiefen Bohrloches während der Arbeit nicht verunglücken? Hierauf diene zur Antwort: dass die Bohrkunst seit 25 Jahren, d. h. in dem Zeitraum nach der Abbohrung der artesischen Brunnen auf dem Raaber Bahnhofs und dem Getreidemarkte, bedeutend vorgeschritten ist und jetzt Erfindungen benützt, welche das Bohren in bislang unbekannte

Tiefen zulassen. Da Bohrlöcher von jeher meist nur durch die schlechte Beschaffenheit des zu den Bohrgeräthschaften verwendeten Materials verunglückt sind, so kann der erfahrene Techniker, welcher freie Hand haben muss, diesen Fällen vorbeugen.

2. Ist denn zu hoffen, dass überhaupt Wasser und in gehöriger Menge erbohrt wird und wird es zu Tage steigen? Die bisherigen Brunnenarbeiten in und um Wien haben bewiesen, dass Wasser in der Tiefe zu finden ist und obige Zeilen wollen dies nachweisen. —

Da die mittlere Regenmenge für die auf der Karte bezeichneten Gebirgszüge ungefähr 27 Zoll jährlich betragen mag, von dieser Menge aber etwa $\frac{1}{3}$ verdunstet, so versinken $\frac{2}{3}$ unmittelbar in die Erde. Hievon verläuft sich $\frac{1}{3}$ in der obersten Erdschale, so dass bloss $\frac{2}{3} = 9$ Zoll nach den tieferen Erdschichten sich verziehen kann. Es ist leicht zu berechnen, welche Wassermenge in der Tiefe auf Erlösung wartet, wenn man sich eine Schichte Wasser von 9 Zoll Höhe über einen Flächenraum von 36 Quadratmeilen gelagert denkt. Die Steigekraft des artesischen Brunnens auf dem Getreidemarkte ist bekannt, obwohl sein Speisungsterrain ein nicht weit entferntes und nicht sehr hohes sein kann. — Wie viel mehr Steigekraft muss eine Quelle haben, deren Ursprung sich von einer Fläche herschreibt, die sich Hunderte von Füssen über das Niveau von Wien erhebt!

3. Was wird das Wasser, welches aus so grosser Tiefe kommt, für Eigenschaften haben, welche Temperatur wird es haben und wird es geniessbar sein?

Wie bekannt nimmt die Temperatur der Erde nach ihrem Mittelpunkte stetig zu, so dass, wenn der artesischer Brunnen von 1500' Tiefe Wasser entnimmt, dieses eine Temperatur von 15—16° R. haben wird, welche für den Genuss zu hoch ist, jede andere Verwendung befördert. Mag noch so viel Wasser zum Trinken verwendet werden, so ist diese Menge gegenüber der Anwendung zu andern Zwecken doch so gering, dass eine künstliche Erniedrigung der Temperatur theils durch Eis, theils durch unterirdische Bassins mit in Kauf genommen werden muss. Es erniedrigt sich übrigens die Temperatur des Wassers schon im Aufgang von unten nach oben um mehrere Grade. Die Frage, ob das zu erreichende Wasser nicht Bestandtheile enthält, welche es zur technischen Verwendung und für den gewöhnlichen Genuss untauglich machen, kann beinahe mit Sicherheit verneint werden. — Der Herd der warmen Mineralquellen z. B. von Baden ist viel tiefer und in anderer Gebirgsformation zu suchen, als die artesischen Wasser von Wien. Letztere sind von der Oberfläche der Erde nach dem Innern derselben filtrirte süsse Wasser.

von J. Langer

Fig.1

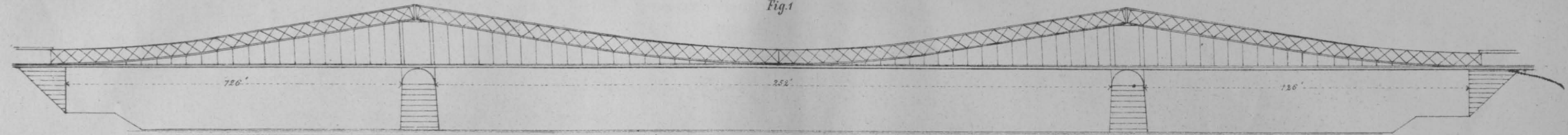


Fig. 3.

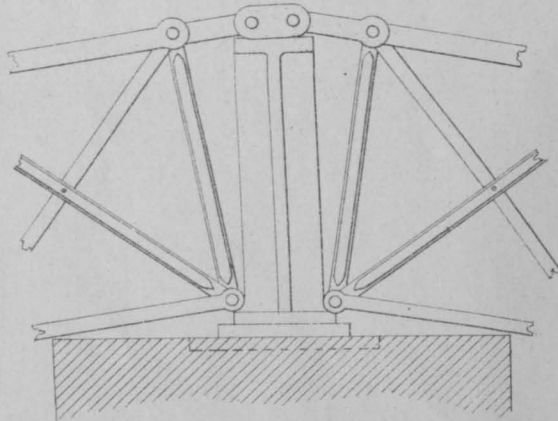


Fig. 2

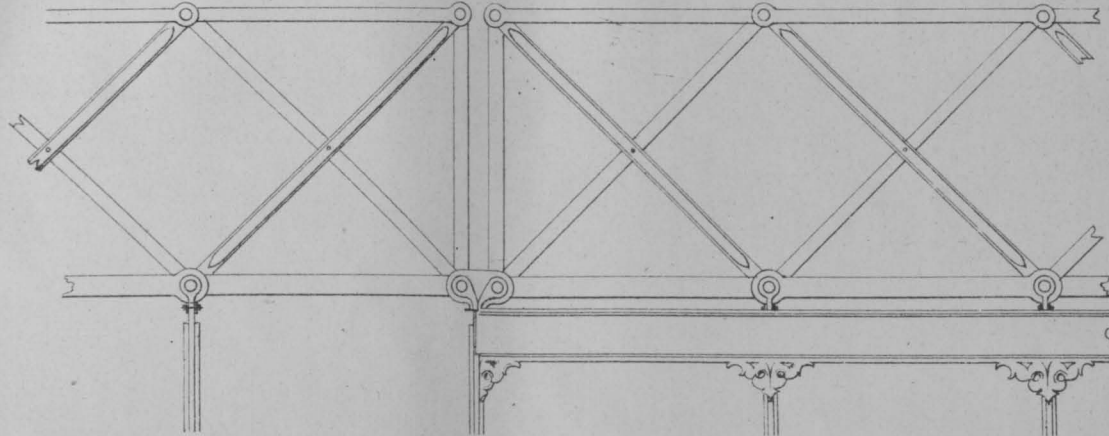


Fig. 4

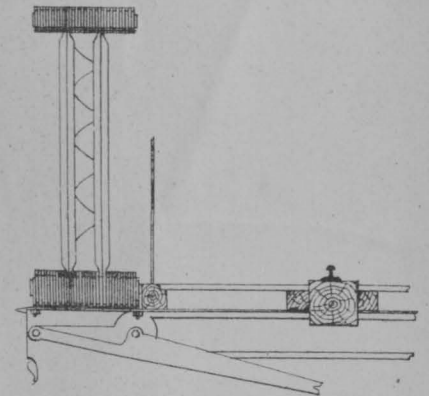


Fig. 5

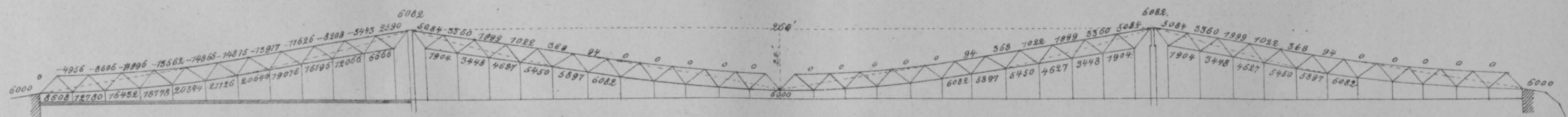


Fig. 6.

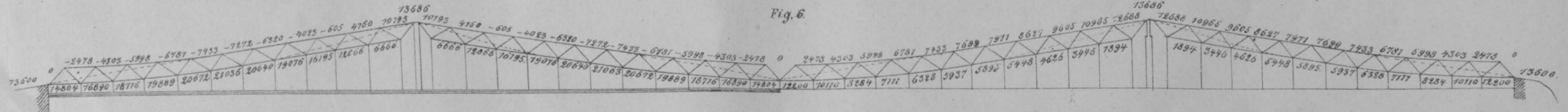
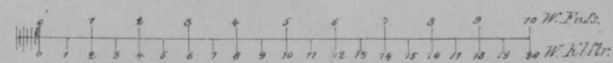
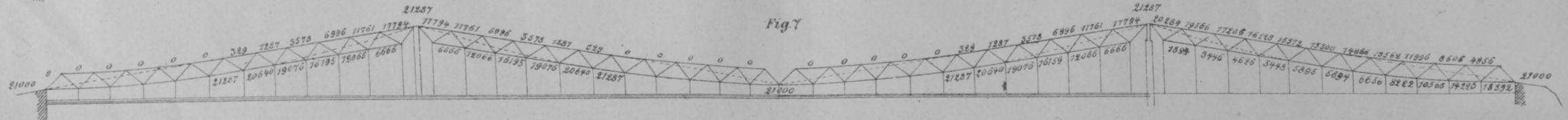


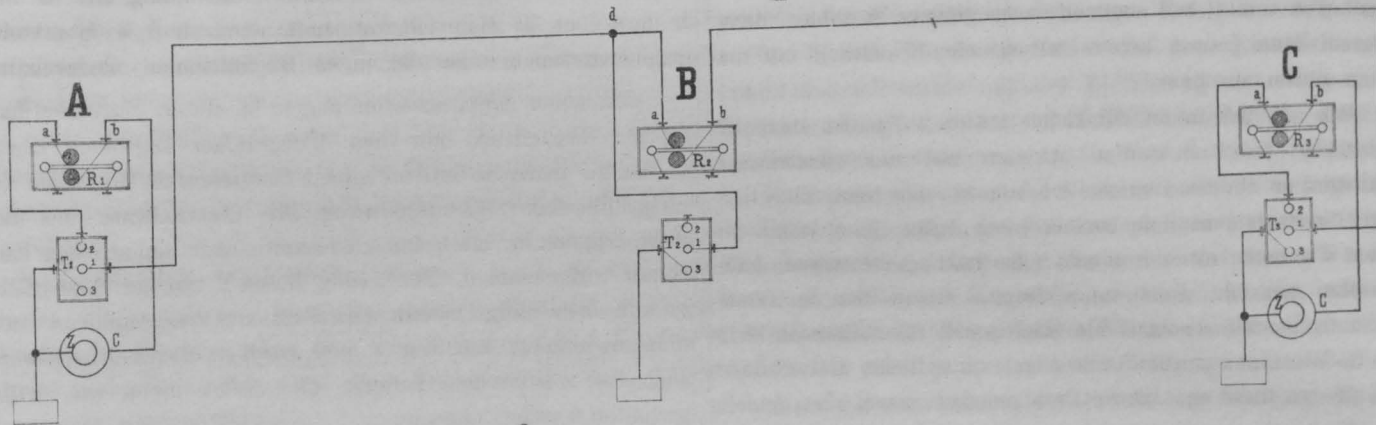
Fig. 7



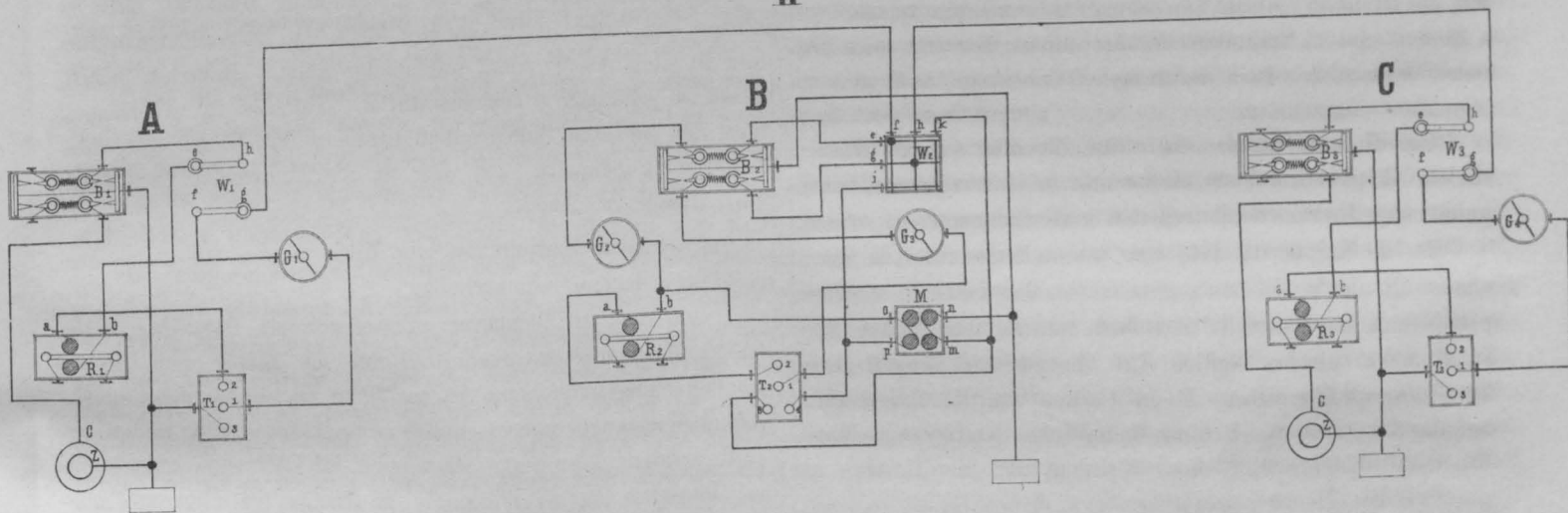
Neues Einschaltungs-System der Telegraphen Stationen. von Ferd. Teirich.

Bl. 6

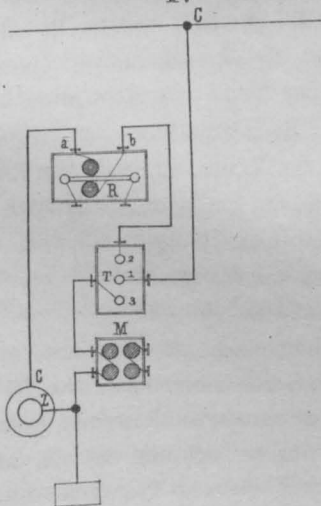
I



II



IV



III

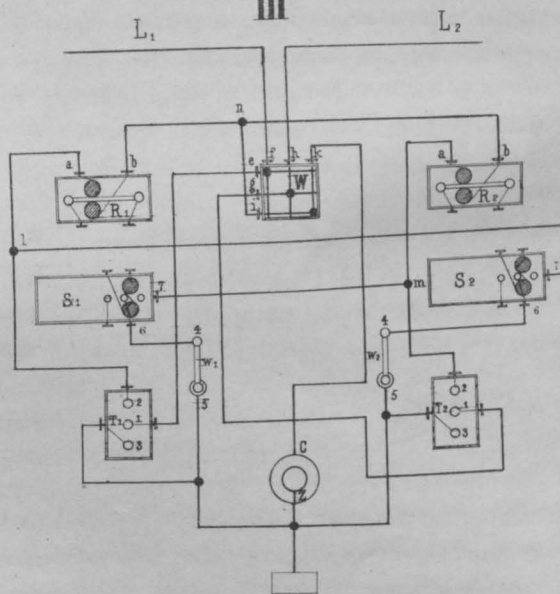
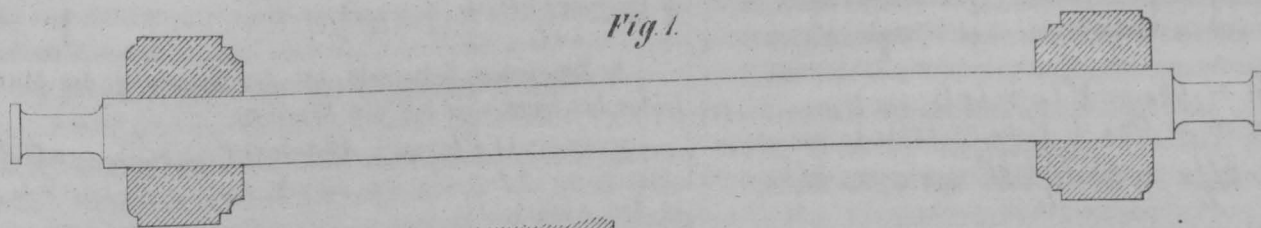
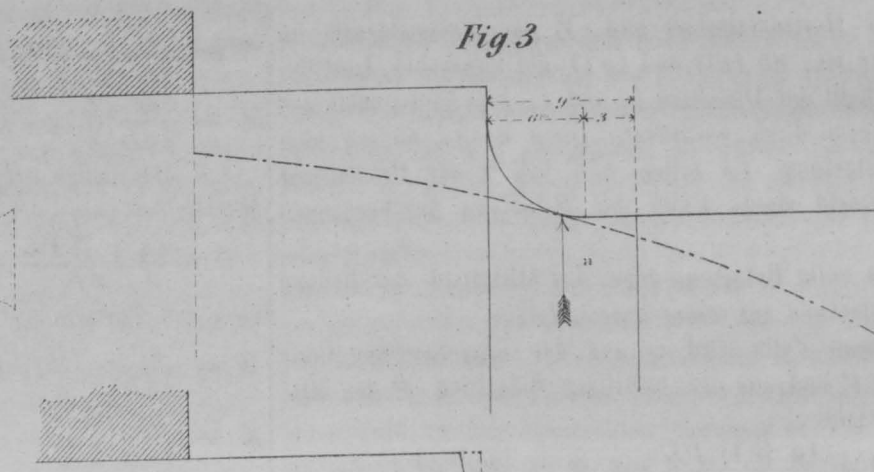
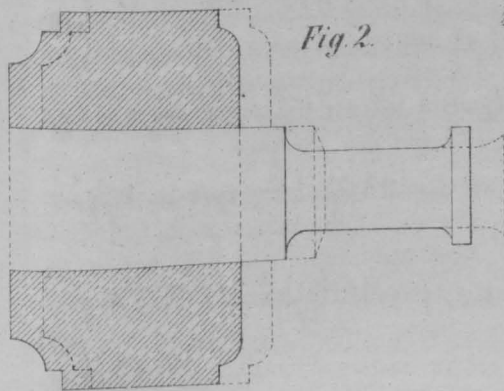
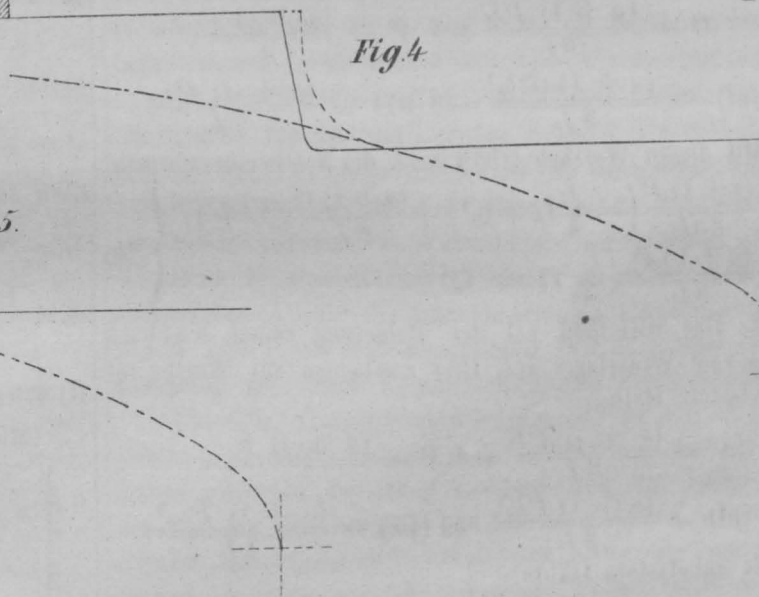
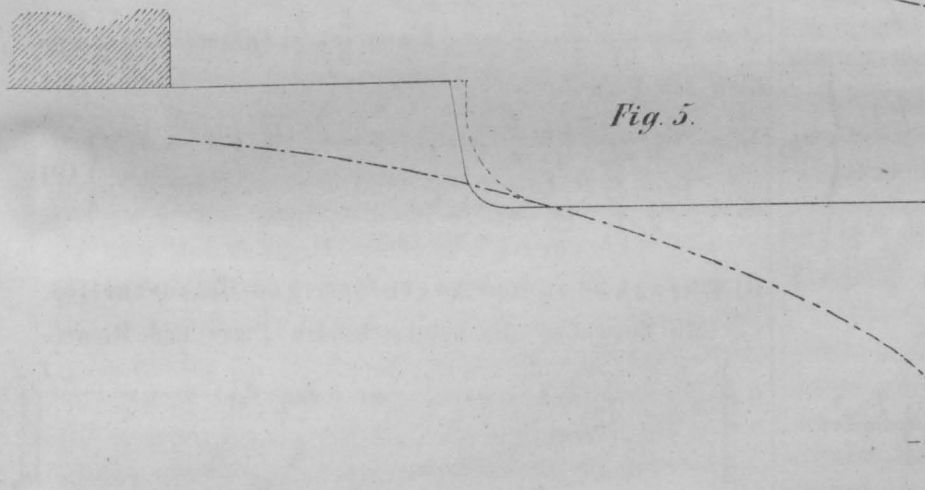


Fig. 1.*Fig. 3.**Fig. 2.**Fig. 4.**Fig. 5.**Fig. 6.*